Elementar-Naturlehre

für

Lehrer an Seminarien und gehobenen Volksschulen,

wie auch zum

Schul- und Selbstunterrichte

methodisch bearbeitet

von

J. G. Fischer,

Lehrer am Schullehrer-Seminar zu Neuzelle
und Ehrenmitgliede der naturforschenden Gesellschaft zu Görlitz.

Siebente
umgearbeitete und verbesserte Auflage.

Mit 294 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1852.

J. H. Hellmuth's

Volks-Naturlehre.

Vierzehnte Auflage.

Nach dem Tode des Verfassers zum siebenten Male

bearbeitet

von

J. G. Fischer,
Lehrer am Schullehrer-Seminar zu Neuzelle
und Ehrenmitgliede der naturforschenden Gesellschaft zu Görlitz.

Mit 294 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1852.

Vorwort

zur dritten Auflage der neuen Bearbeitung.

Wie ich mich abermals bemüht habe, meine Elementar-Naturlehre, die sich sowol sehr nachsichtsvoller Beurtheilungen, als auch eines nicht wenig verbreiteten Gebrauches erfreut, für Lehrer-Seminare und gehobene Volksschulen immer mehr zu einem zweckmäßigen Buche zu machen, dürfte wahrscheinlich Keinem fremd bleiben, welcher die neue Auflage mit der ihr unmittelbar vorhergehenden selbst nur einiger Maßen vergleicht.

Zuvörderst verweise ich auf die vielen dem Texte einverleibten, zur Erhöhung des Verständnisses trefflich geeigneten feinen Holzschnitte. Je mehr ich mich dabei der Hoffnung hingeben kann, daß sie allen billigen Anforderungen entsprechen werden; desto dankbarer verpflichtet fühle ich mich: 1. Herrn Buchhändler Vieweg, der mit Rücksicht auf sie keine Kosten gescheut hat, und 2. Herrn Dr. Müller, Professor an der Universität zu Freiburg im Breisgau, der meiner Bitte, mir zu der neuen Auflage die schönen Zeichnungen seines neuesten, überaus schätzbaren Werkes: »Lehrbuch der Physik und Meteorologie«, zum beliebigen Gebrauch stellen zu wollen, mit so ausgezeichneter Güte entgegengekommen ist.

Ferner kann ich es nicht unterlassen, die Aufmerksamkeit Derer, welche sich meines Buches in irgend einer Weise bedienen werden, auch dahin zu lenken, daß ich in der neuen Bearbeitung Manches, was mir nun weniger erheblich schien, gestrichen, — Mehreres berichtigt, — noch Anderes, weil es die Fortschritte der Physik so forderten, hinzugefügt habe. Die Paragraphen über die chemische Anziehung, den Wasserdruck, das Gleichgewicht der in irgend eine Flüssigkeit getauchten Körper, ferner über die Galvanoplastik, den Elektro-Magnetismus, die vornehmsten Luft- oder Gasarten u. s. w. liefern zu dem Allen den besten Beweis.

Schließlich gedenke ich noch mit inniger Dankbarkeit derjenigen Vorschläge und Belehrungen, mit denen mich gewisse einsichtsvolle Be-

urtheiler der vorigen Auflage erfreut haben, und wünsche zugleich von Herzen, daß besonders sie aufs neue sehen möchten, wie gern ich bereit bin, ihren Ansprüchen an ein für unsere Volksschulen methodisch bearbeitetes physikalisches Buch Genüge zu leisten.

Neuzelle im August 1843.

Der Verfasser.

Vorwort

zur vierten Auflage der neuen Bearbeitung.

Es gereicht mir zur lebhaftesten Freude und verpflichtet mich zugleich zum innigsten Danke, die großen Verbesserungen, welche die dritte Auflage sowol dem Inhalte, als der äußern Ausstattung nach erfahren hat, so vollkommen anerkannt zu sehen, daß schon jetzt, nämlich nach Verlauf eines Jahres, eine neue Auflage nöthig geworden ist. Nun auch diese Auflage habe ich der sorgsamsten Revision unterworfen und mit mancher neuen Abbildung bereichert. Möchte sie daher doch eben so, wie ihre Vorgängerin, mit Wohlwollen aufgenommen und mit Nachsicht beurtheilt werden!

Neuzelle im Juli 1844.

Der Verfasser.

Vorwort

zur fünften Auflage der neuen Bearbeitung.

Auch diese Auflage habe ich nicht nur in sachlicher, sondern auch in sprachlicher Hinsicht, und zwar Letzteres vorzugsweise, zu vervollkommnen gesucht. So darf ich denn aber auch die Hoffnung hegen, es werde ihr die freundliche Aufnahme, welche besonders der dritten und der vierten Ausgabe zu Theil geworden ist, nicht fehl gehen.

Neuzelle im September 1846.

Der Verfasser.

Vorwort

zur sechsten Auflage der neuen Bearbeitung.

Diese sechste Auflage der neuen Bearbeitung ist ein unveränderter Abdruck der vorhergehenden; das Bedürfniß derselben stellte sich so schnell heraus, daß Veränderungen unmöglich wurden, die ich auch zur Zeit nicht für nöthig oder auch nur wünschenswerth erachten konnte.

Möge sie mit dem gleichen Wohlwollen, wie ihre Vorgängerinnen, aufgenommen werden!

Neuzelle im December 1848.

Der Verfasser.

Vorwort

zur siebenten Auflage der neuen Bearbeitung.

Abgesehen von der dritten Auflage, hat keine andere so wesentliche Veränderungen erlitten, als die vorliegende. Dieselben beziehen sich hauptsächlich auf folgende drei Punkte:

Erstens ist das Wichtigste Dessen, was sonst der zehnte Abschnitt enthielt, da angebracht worden, wohin es eigentlich gehört. »Der Thau, der Reif, der Nebel, die Wolken, der Regen, der Schnee und der Hagel« finden nun in dem Abschnitte über die Wärme; — andere Erscheinungen der Atmosphäre, nämlich »der Regenbogen, die Höfe um Sonne und Mond, die Nebensonnen und Nebenmonde, die Morgen- und die Abendröthe, die Morgen- und die Abenddämmerung, die Bläue des Himmels und das Zodiakal-Licht« in dem über das Licht; — noch andere, z. B. »das Gewitter, das St. Elmusfeuer, das Wetterleuchten u. s. w.,« in dem Abschnitte über die Elektricität ihre Erklärung.

Zweitens ist überall, wo es anging, der Text zusammengedrängt, besonders auch so manche Anweisung, wie Dies oder Jenes anschaulich zu behandeln sei, in möglichst kurzen Worten gegeben worden. Hoffentlich gereicht auch Dies dem Buche zum Vortheil. Dasselbe entbehrt fortan auch so mancher Erzählung, die sich bald auf die Leitung der Wärme, bald auf die Zurückwerfung des Schalles, bald

auf gewisse mechanische oder chemische Körperverbindungen u. s. w. bezog.

Endlich **drittens** behandelt das Buch so Manches ganz neu, z. B. die Daguerre'schen Lichtbilder, die Benutzung des galvanischen Stromes als bewegende Kraft, die Dampf-Elektrisir-Maschine, die elektrische Telegraphie u. s. w. Sind es auch nur Andeutungen, welche es mit Rücksicht auf die genannten Gegenstände geben kann; so reichen sie doch hin, über dieselben die nöthige Achtsamkeit zu verbreiten.

So hofft denn der Verfasser, den Freunden der Physik, besonders aber den vielen treuen, strebsamen Lehrern in Deutschlands Volksschulen, welche seit 15 Jahren diese Naturlehre benutzt und so wohlwollend beurtheilt haben, aufs neue zu zeigen, wie dankbar er sich ihnen verpflichtet fühlt, und wie gern er Alles thut, ihren Wünschen und Anforderungen nach Kräften zu entsprechen.

Neuzelle im September 1851.

Fischer.

Inhaltsverzeichniß.

Einleitung.

Wo wir uns auch befinden mögen: überall umgeben uns Dinge, die unsere Aufmerksamkeit rege machen; überall stellen sich uns Erscheinungen dar, welche unserer Beachtung werth sind. Erheben wir die Augen gen Himmel, so glänzen uns am Tage die Sonne, in der Nacht der Mond und die Sterne entgegen; — richten wir sie wieder auf die Erde zurück: da erblikken wir außer uns selbst und unseres Gleichen Thiere, Pflanzen und Steine, Berge, Thäler, Gewässer u. s. w.; da ergötzen uns verschiedene Vögel durch ihren Gesang, fast zahllose Blüthen und Schmetterlinge durch ihre Zeichnung und Farbenpracht. Heute sind die Gewächse mit geperlten Thautröpflein geschmückt; morgen durchzukken furchtbare Blitze die Luft, und gewaltige Donner rollen an den Höhen der Erde dahin. Diese, wie auch andere, ihnen ähnliche Dinge und Erscheinungen sind der Gegenstand der Naturkunde, einer unendlich reichhaltigen, überaus wichtigen, den Geist erheiternden und das Herz zu Gott hinführenden Wissenschaft.

Bemühen wir uns, an irgend einem natürlichen Körper die Merkmale aufzufinden, durch welche er sich von jedem andern unterscheidet, oder demselben die Stelle zu bezeichnen, welche ihm in irgend einem Systeme zukommt; so beschäftigen wir uns mit ihm auf eine solche Weise, wie es die Naturgeschichte oder Naturbeschreibung verlangt. Die Zoologie, Botanik und Mineralogie, oder die Thier-, Pflanzen- und Stein- oder Berggutskunde sind die Haupttheile dieses ersten großen Zweiges der Naturwissenschaft. Forschen wir hingegen nach den Veränderungen, denen irgend ein Körper unterworfen ist; ferner nach den Kräften, durch die jene hervorgerufen, oder nach den Gesetzen, von denen sie gleichsam beherrscht werden: so gehört unsere Untersuchung in das Gebiet des zweiten großen Zweiges der Naturkunde, nämlich in die Naturlehre oder Physik. Wer übrigens weiß, in wieviel Nebentheile dieser Hauptzweig zerfällt, billigt es gewiß, daß ich mich hier auf diejenigen Abschnitte beschränke, welche er selbst noch in seiner engsten Bedeutung umfaßt. Nicht also von der physischen Erd- und Himmelskunde, die das Ganze der Erscheinungen im Zusammenhange betrachtet; nicht von der Chemie oder Scheidekunst, welche die Stoffe, aus denen die Körper bestehen, und die Verhältnisse, nach welchen sie in ihnen vorkommen, ermittelt; auch nicht von der Physiologie, welche die Erscheinungen in der lebenden oder organischen Körperwelt auf die Naturgesetze zurückführt: nur von der mechanischen

Naturlehre, deren vornehmste Aufgabe es ist, die Veränderungen im äußern Zustande der leblosen oder anorganischen Körper zu erklären, sei die Rede.

Gesonnen, uns mit den Gesetzen, nach welchen die Veränderungen der Körper erfolgen, bekannt zu machen, können wir nichts Besseres thun, als die Erfahrung zu unserer Führerin zu wählen. Nur sie bringt uns im Gebiete der Physik, wenn möglich, sicher zum Ziel. Was wir dabei im Einzelnen zu beobachten haben, möge euch an einem Beispiele klar werden. Gesetzt, es nähme Jemand einen Stein in die Hand und überließe ihn sich selbst, so fiele er bekanntlich auf die Erde zurück. Ein solches Ereigniß nennen wir eine Naturerscheinung oder Naturbegebenheit. Trüge er ihn dann auf einen hohen Thurm, und entzöge er ihm auch dort seine Unterlage; so wiederholte er offenbar jene Bewegung. Allein: »fiel er jetzt wol so, wie das erste Mal? oder fand zwischen seinen beiden Bewegungen ein Unterschied Statt? Aenderte sich vielleicht seine Geschwindigkeit, oder blieb sie für jedes folgende gleiche Zeittheilchen dieselbe? Würden ferner wol auch andere Körper, in solcher Weise behandelt, auf die Erd-Oberfläche zurückfallen? Wie stand es endlich bei dieser Naturbegebenheit mit dem Einflusse der Luft?« Solche und ihnen ähnliche Beobachtungen sind es, welche wir bei jeder Naturerscheinung anzustellen haben, und durch die wir, von passenden Experimenten unterstützt, fast immer, wenn es anders die Schwäche unseres Geistes zuläßt, zu dem obwaltenden Gesetze gelangen werden. Von diesem Wege der reinen Erfahrung unterscheiden wir den mathematischen Weg. Welche Bewandtniß es mit ihm hat, auf dem so mancher große Geist der Vorzeit einhergewandelt ist, werden wir bei den Angaben der ausgezeichneten Verdienste eines Kepler, Newton, Galiläi u. s. w. genügend und wiederholt kennen lernen. Wer übrigens eine Erscheinung auf ein bereits entdecktes Naturgesetz zurückführt, erklärt dieselbe; und wer ferner, weil ein solches Gesetz noch fehlt, eine neue Voraussetzung schafft, bereichert die Wissenschaft mit einer Hypothese. Gar manche Hypothese ist im Laufe der Zeit zu einem Naturgesetz erhoben worden.

Der Nutzen, den das Studium der Naturlehre gewährt, ist unberechbar groß. Schon mein einfaches Beispiel über den Fall der Körper zeigt, wie besonders dieser Unterrichtszweig, auf eine zweckmäßige Art betrieben, sich eignet, das Denkvermögen, namentlich die praktische Urtheilskraft, zu stärken. Er befreit uns ferner von jeder eitlen Furcht, in welche so oft die Unwissenheit den Menschen stürzt; er läßt uns freier zum Himmel blikken, befördert vielfach unsere Ruhe und Zufriedenheit und verschafft uns über den Aberglauben den vollkommensten Sieg. »Wer wird sich z. B. vor dem feurigen Drachen, der durch die Luft zieht, oder vor den Irrlichtern, die auf Sümpfen umherhüpfen, fürchten, wenn er weiß, was diese Dinge sind, und wodurch sie entstehen?« Kein blutrother Regen, kein plötzliches Zerspringen eines Glases u.s.w. erschreckt ferner Denjenigen, welcher sich mit den Naturgesetzen bekannt gemacht hat. Wie er weiß, daß ein Komet weder zu den Leidens-, noch zu den Freudensboten gehört; daß vielmehr derselbe kommt und wieder geht, wenn seine

Stunde da ist: so versteht er auch, sich die meisten andern Naturerscheinungen zu erklären, und selbst bei solchen, deren Ursachen ihm bis jetzt noch fremd geblieben sind, fragt er nie: »ach, was werden sie bedeuten? welches Glück oder Unglück nach sich ziehen?« er bedauert dabei nur die Schwäche seines Verstandes; es leuchtet ihm ein, daß kein Sterblicher alle Geheimnisse der Natur durchschauen kann. — Die Physik greift drittens in jedes Verhältniß des bürgerlichen Lebens ein. Abgesehen von den Dampfschiffen und Dampfwagen, durch welche die größten Lasten befördert werden, ferner von der Galvanoplastik, der elektrischen Telegraphie u. s. w, auf die Hohe und Niedere, Gelehrte und Ungelehrte bewundernd hinblikken, giebt es noch unzählige andere Gegenstände, welche auf einer genauen Kenntniß der Naturgesetze beruhen, und ohne die wir so manche Annehmlichkeit nicht genießen, so manche uns bedrohende Gefahr nicht abwenden würden. »Welchen Gebrauch erleidet nicht allein das Thermometer? Und sind nicht auch die Vortheile, welche uns Heber und Wasserpumpen, Winden und Flaschenzüge, Brillen und Mikroskope, Blitzableiter, Feuerspritzen u. s. w. gewähren, rühmens- und dankenswerth?« Daß die niedere Bauart der Häuser, das Ueberheizen der Stuben, das beständige Zuhalten der Fenster, das Trocknen nasser Kleidungsstükke am warmen Ofen u. s. w. gewöhnlich schädliche Folgen haben; auch hierüber belehrt uns die Physik. »Wer anders, als sie, macht uns weiter mit den Mitteln bekannt, durch welche wir die Gewerbe verbessern, den Reichthum erhöhen, die Gesundheit bewahren, die Luft in den Zimmern reinigen, den Speisen einen angenehmern Geschmack verleihen, oder bereits Erstickte, Erfrorne oder Ertrunkene wieder ins Leben zurückrufen können?« — Endlich nimmt die Naturlehre auch das Gemüth oder höhere Empfindungsvermögen in Anspruch, und leitet besonders das Herz des wahrhaft frommen Denkers zu Gott, dem Allweisen, Allmächtigen und Allliebenden, hin. »Wer könnte sich z. B. über den kunstreichen Bau des Auges, oder die großen Gesetze, nach denen sich die Weltenkörper in ewiger Kraft, Ordnung und Harmonie bewegen, gründlich verbreiten, ohne vor Gott in tiefster Anbetung niederzusinken, von Dem schon der königliche Sänger spricht: »Die Himmel erzählen die Ehre Gottes, und die Veste verkündigt seiner Hände Werk!«

Erster Abschnitt.

Die allgemeinen Eigenschaften der Körper.

---

§. 1.

Einige Andeutungen über Körper und deren Eigenschaften im Allgemeinen.

Wer mit verschlossenen Augen in einer Stube umhergeht, wird fast unwillkürlich seine Hände, um jeden Anstoß zu verhüten, vor sich hinstrekken und über alle Stühle, Tische, kurz über sämmtliche Gegenstände, die sich ihm hindernd entgegenstellen, gleiten lassen. Während er aber Letzteres thut, nimmt er zugleich wahr, daß sie an gewissen Stellen beginnen, an andern aufhören, oder daß sie, wie wir uns gewöhnlich ausdrükken werden, einen Theil des allgemeinen Raumes einnehmen. Mit Rücksicht hierauf nennen wir sie Körper. Uebrigens hätte schon der Umstand, daß der Scheinblinde sie fühlte oder tastbar fand, uns bestimmen können, sie mit jenem Namen zu belegen. Nächst dem Getast sagt uns noch am besten das Gesicht, ob wir einen Körper vor uns haben, oder nicht. Jedoch ist nicht Alles, was wir sehen können, ein Körper: denn es giebt 1) Dinge, die, wie der Schatten an der Wand, das Bild aus dem Spiegel, das Auge wahrnimmt und keine Körper sind; und 2) andere (man denke an die Gase!), welche ihm dessenungeachtet, daß sie alle nothwendigen Eigenschaften der Körper besitzen, stets verborgen bleiben. Nur ein Ding, das tastbar ist, oder einen Theil des unermeßlichen Raumes ausfüllt, gehört der Körperwelt an.

Hier liegt ein Magnet. Indem ich ihn mit feiner Eisenfeile in Berührung bringe, sehen wir, daß dieselbe an ihm haften bleibt, und lernen dadurch zugleich eine seiner Eigenschaften kennen. Ich wiederhole meinen Versuch, gebrauche nun aber statt des Magnets ein Stücklein Holz. Und sehet! mit diesem Körper will sich auch nicht ein Eisentheilchen vereinigen. So ist denn offenbar jene Eigenschaft, die uns der Magnet durch die Anziehung der Eisenfeile kund that, eine solche, die sich keineswegs bei allen Körpern findet, also auch bei einem Dinge fehlen kann, ohne daß es aufhört, ein Körper zu sein. Ich lege den Magnet noch ein Mal auf den Tisch: „ist es wol denkbar, daß das Stücklein Holz in dem nämlichen Augenblikke denselben Raum, den er ausfüllt, ein=

nehmen kann?« Nimmermehr. Wisset! was wir an ihm und dem Magnete wahrgenommen haben, findet auch zwischen den andern Körpern Statt; ja, es würde ein Ding aus der Körperwelt verschwinden, verlöre es selbst nur diese Eigenschaft. So merket denn!

»Eigenschaften ersterer Art, die sich also nur bei gewissen Körpern zeigen, heißen **besondere,** — Eigenschaften letzterer Art aber, welche folglich sämmtlichen Körpern zukommen und ihnen auch unter jeder Bedingung verbleiben, **allgemeine** Eigenschaften der Körper.« Zu den letztern zählen wir die Ausdehnung, die Porosität, die Undurchdringlichkeit, die Theilbarkeit, die Anziehung und die Trägheit oder das Beharrungsvermögen. Welche Gründe der Eine oder der Andere hat, hierher auch die Elasticität, die Ausdehnbarkeit, die Zusammendrückbarkeit u. s. w. zu zählen, wird in dem Nachfolgenden gelegentlich mitgetheilt werden.

§. 2.

Die Ausdehnung der Körper.

Selbst ganz oberflächliche Versuche belehren uns, daß ein Buch, eine Tafel, ein Dachziegel, kurz, daß jeder Körper nach drei verschiedenen Richtungen hin gemessen werden kann. Eben diese Eigenschaft heißt die Ausdehnung. Bei dem Schatten an der Wand können wir zwar untersuchen, wieviel die Länge und die Breite desselben beträgt; allein von der Höhe, die wir bei gewissen Körpern die Dikke oder Tiefe nennen, findet sich selbst nicht die geringste Spur. — Alles Andere, was sonst noch über die Ausdehnung zu wissen nöthig ist, fasse ich in folgende vier Punkte zusammen:

1) Auf dem Umstande, daß jeder Körper nur einen Theil des allgemeinen Raumes einnimmt, beruht dessen Gestalt. — Daß wir selbst da, wo uns die Unvollkommenheit der Sinnes-Organe verhindert, die materiellen Theile wahrzunehmen, uns nicht enthalten können, ihnen wenigstens eine gewisse Lage im Raume beizulegen, zeigen die Lichttheilchen, über die wir wie von kleinen Körpern reden, und die wellenartigen Schwingungen des Aethers, einer elastischen, äußerst feinen, durch den ganzen Weltenraum verbreiteten Flüssigkeit, welche wir sogar nach Abmessungen im Raume zu bestimmen suchen. Die Gestalt ist übrigens bei den Körpern sehr verschieden. Regelmäßig begrenzte Körper, wie der Würfel (Kubus), das Vierflach (Tetraeder), Achtflach (Oktaeder), Zwölfflach (Dodekaeder) u. s. w., heißen Kristalle. Wäre es nicht eine besondere Aufgabe der Mineralogie, auf die wunderbare Bildung dieser Körper hinzuweisen; so würde ich mir die Freude nicht versagt haben, hier Einiges über die schönen Kristalle des Kobalts, des Fluß- und des Feldspathes, des Blei- und des Eisenglanzes, des Diamants, Schwefelkieses und anderer Mineralien mitzutheilen. Das Bestreben, bis in ihre kleinsten Theile sich regelmäßig, wenigstens symmetrisch, auszubilden, zeigt sich jedoch nicht nur bei den Mineralien, sondern auch bei manchen Körpern aus der Thier- und der Pflanzenwelt. Hierfür sprechen beispielsweise die Haare des Maulwurfs, die Augendekken einiger Kerfe, die Schüppchen der Schmetterlingsflügel,

die Querschnitte der Hölzer, insbesondere aber Pflanzen, wie etwa die weiße Seerose, der doldige Wasserliesch, die vierblättrige Einbeere u. s. w.

»2. Nicht minder verschieden, als die Gestalt, ist die Größe der Körper.« — Als ein Körper von ungeheurer Ausdehnung steht die Sonne da: denn alle ihre Planeten zusammengenommen machen noch nicht den 600sten Theil ihrer Masse aus; wäre sie ferner hohl, so fände nicht nur die Erde in ihr Raum, sondern es könnte um letztere auch noch der Mond, obgleich er 50 Tausend Meilen von uns entfernt ist, seinen Lauf, ohne irgendwo anzustoßen, bewerkstelligen. Wie unbedeutend, ja wie fast gar nichts gegen sie erscheint der Mensch. Und doch ist auch er groß im Verhältniß zu Millionen anderer Geschöpfe. Wer sich hiervon überzeugen will, betrachte gelegentlich durch ein gutes Vergrößerungsglas die Dinge, welche so manche thierische oder pflanzenartige Masse, nachdem sie 8 bis 14 Tage im Wasser gelegen hat, in zahlloser Menge erzeugt! Ich meine die Infusorien oder Schleimthiere. Gelehrte Leute, die sich mit diesen Uranfängen des Thierreichs viel beschäftigt haben, behaupten, daß manche Infusorien 1000 Millionen Mal kleiner seien, als ein Sandkorn. Immer aber bleibt es dieselbe allmächtige Hand, welche die Sonne schuf, die auch sie bildete und in der großen Kette der Dinge zu nothwendigen Gliedern machte. — Auch gewisse Werke der Menschen dürfen hier nicht unerwähnt bleiben. Wie wird das Herz gehoben, die Seele gestärkt, wenn wir in jene Riesenkirchen treten, über deren Bau ganze Jahrhunderte schlafen gingen, ehe sie dastanden in vollendeter Schönheit und Herrlichkeit! Nicht minder zeugen von dem denkenden Geiste und den kunstreichen Händen des Menschen Dinge ganz entgegengesetzter Art. In Dresden befindet sich z. B. ein Kirschkern, auf dem 180 Menschengesichter eingeschnitten sind; »wie steht es wol bei ihm mit der Größe eines Nasen- oder Augentheils?« Man stelle sich ferner einen Wagen von Gold mit beweglichen Rädern, einem Kutscher auf dem Bock und zwei Personen im innern Raume vor! Dies Alles hatte ein Künstler in Paris so meisterhaft verfertigt, daß ein Floh an einer goldenen Kette mit der beschriebenen Maschine davonhüpfte, ohne sich besonders anstrengen zu dürfen.

3. Obwol wir uns fast immer nur solcher Maße bedienen werden, die bei uns fast allgemein eingeführt sind, z. B. der Ruthe, des Fußes, Zolles, der Linie; so müssen wir uns doch noch mit einigen andern bekannt machen, die beinahe jedes Lehrbuch der Physik gebraucht. Ich meine die neufranzösischen Maße: Meter, Decimeter, Centimeter und Millimeter. Meter heißt dasjenige Maß, welches den vierzigmillionsten Theil von der unveränderlichen Länge eines Erd-Meridians, oder den zehnmillionsten Theil des Erd-Quadranten, d. h. des Bogens vom Aequator bis zum Nordpole hin, ausmacht. Ein Meter enthält 10 Decimeter, 1 Decimeter 10 Centimeter, 1 Centimeter 10 Millimeter. Nach unserm Maße beträgt 1 Meter 3,186.. Fuß; 1 Decimeter 3,823.. Zoll; 1 Centimeter 4,588.. Linien; 1 Millimeter 0,4588.. Linien. Der sogenannte Liter, nach dem die Physiker sehr oft das Volumen der Körper bestimmen, ist der tausendste Theil eines Kubikmeters und kommt 0,873.. preußischen Quarten gleich. 100 Liter endlich werden 1 Hectoliter genannt.

4. Aufgefordert, einen überaus kleinen Gegenstand, vielleicht selbst einen solchen, der dem unbewaffneten Auge kaum sichtbar ist, zu messen, lege man

ihn auf einen sehr feinen Maßstab, etwa auf ein Glasgitter, und betrachte dann beide Dinge durch ein gutes Mikroskop zugleich!

§. 3.
Die Porosität der Körper.

An einem Saugschwamm, Bimstein, oder einem Stücklein Brot sehen wir deutlich, daß sie eine Menge Löcher enthalten, oder daß ihre Theile nicht vollkommen dicht an und auf einander liegen; ganz dasselbe nehmen wir ferner an Seife, Papier, einer Holzplatte, jedoch bei diesen Körpern nur durch ein Vergrößerungsglas, wahr; an einer Glasscheibe, einem Stahlstreifen, Thalerstükke u. dgl. ist es uns selbst mit bewaffneten Augen nicht möglich, Zwischenräume zu entdekken. Und doch fehlen sie auch ihnen nicht; denn wie könnten sie sich wol sonst bei steigender Wärme ausdehnen, bei abnehmender zusammenziehen? Beide Erscheinungen lassen sich offenbar nur dadurch erklären, daß die Räume, welche sich zwischen den Theilchen befinden, bald größer, bald kleiner werden. Der frühere Beweis für die Porosität des Glases und der Metalle, »daß das Licht durch die Fenster, die Wärme durch eiserne Oefen, kupferne Kessel u. s. w. dringt«, ist unzulässig, weil er sich auf die Materialität des Lichtes und der Wärme, für die wir bis jetzt keine sichere Bürgschaft besitzen, stützt.

Wie es mit den festen Körpern steht, so auch mit den tropfbarflüssigen. Wer sich hiervon überzeugen will, fülle die untere Hälfte eines enghalsigen Medizinfläschchens mit Wasser und die obere recht behutsam mit gefärbtem Weingeist an; hierauf verschließe er dasselbe durch einen Korkstöpsel, und kehre, um die nöthige Mischung zu bewirken, das Fläschchen um: und er wird es nun nicht mehr vollständig gefüllt, sondern oben mit einem leeren Raume versehen finden. »Wie aber wäre Dies möglich, wenn das Wasser nicht Poren besäße, in die mehrere Theile des feinern Weingeistes dringen könnten?« So haben wir denn auf verschiedene Weise eine zweite allgemeine Eigenschaft der Körper kennen gelernt; wir nennen sie bekanntlich die **Porosität**, und verstehen unter ihr, **daß es wahrscheinlich keinen Körper giebt, dessen Theile nicht durch Zwischenräume von einander geschieden wären.**

Die Bläschen, welche fast immer entstehen, wenn Holz, Fleisch u. dgl. in Wasser getaucht wird, hängen offenbar mit der Porosität zusammen. Es besitzt nämlich die Luft die Eigenschaft, sich so viel als möglich in alle Körper zu begeben. Sie kommt daher auch in den Poren jener Gegenstände vor. Versenken wir nun Letztere unter Wasser; so steigt sie, durch diese Flüssigkeit verdrängt, an die Oberfläche in Gestalt von Bläschen empor. Selbst in den Zwischenräumen des Wassers findet sich Luft. Außer bei dem Kochen, wo Jeder zur Beobachtung Gelegenheit hat, bemerken wir Dies hauptsächlich dann, wenn wir Wasser unter den Recipienten der Luftpumpe setzen. Daß sich die Oberfläche einer goldenen, mit Wasser angefüllten Kugel, wenn sie einem starken Drukke ausgesetzt wird, mit einem feinen Thau bedeckt; daß wir unter derselben Voraussetzung Quecksilber durch den Boden eines hölzernen Gefäßes treiben können; daß Holz an Gewicht und Volumen bei feuchter Witterung zu-, bei trokkener hingegen abnimmt; daß unter gewissen Umständen Pflanzen und Thiere versteinern (die versteinernde Masse durchdringt alle ihre Fasern); daß sich in

einem Sandhaufen die Flüssigkeit bis zur Oberfläche verbreitet u. s. w.: dies Alles sind uns nun keine räthselhaften Erscheinungen mehr.

Schließlich bemerke ich über die Porosität noch Folgendes:

»1. Solche Körper, deren Poren mit bloßen Augen wahrgenommen werden können, nennen wir gewöhnlich **lokker**, — hingegen alle übrigen, die mithin keine so deutlichen Zwischenräume besitzen, **dicht**.« Vergleichen wir zwei Körper mit alleiniger Rücksicht auf die Beschaffenheit ihrer Poren mit einander, so wird stets der minder dichte lokker, der mehr dichte dicht genannt. Eisen z. B. ist, mit Holz zusammengehalten, dicht; hingegen, mit Gold verglichen, lokker. Die dichtesten Körper sind Gold und Platina.

»2. Körper, die, vor meine Augen gehalten, mich nicht hindern, vermittels des Gesichtes andere, hinter ihnen befindliche, deutlich wahrzunehmen, heißen **durchsichtig** (wie steht es nun wol mit den undurchsichtigen Körpern?).« Die sogenannten durchscheinenden Körper treten zwischen die durchsichtigen und die undurchsichtigen in die Mitte. Worin die Durchsichtigkeit ihren vornehmsten Grund hat, wird in dem Abschnitte über das Licht mitgetheilt werden. Auf die Poren allein kann es bei ihr nicht ankommen; denn sonst müßten die lokkersten Körper am meisten, die dichtesten am wenigsten durchsichtig sein. — Hierher gehört übrigens noch manche andere, oft ganz unerwartete Erscheinung. Papier z. B., in Oel getaucht, wird durchsichtig, hingegen Wasser, mit derselben Flüssigkeit vermischt, undurchsichtig; der Hydrophan ferner, ein opalartiger Körper, der auch Weltauge heißt, ist gewöhnlich nur durchscheinend, wird aber, wenn Wasser in seine Poren dringt, durchsichtig wie Glas u. s. w.

»3. Derjenige Raum, welcher durch die äußere Gestalt eines Körpers begrenzt ist, heißt das **scheinbare**, — hingegen der bald mehr, bald weniger kleine, den die Masse allein einnimmt, das **wahre** Volumen desselben.« Letzteres läßt sich nie durch Versuche ermitteln; denn wer könnte wol irgend einen Körper so zusammenpressen, daß derselbe alle Poren verlöre? Wie der Druck zunimmt, nähert sich das scheinbare dem wahren Volumen; wer ferner das letztere von dem erstern abzieht, erhält das Volumen sämmtlicher Poren als Rest. Später ist stets nur von dem scheinbaren Volumen die Rede.

»4. Es bleibt durchaus falsch, die Porosität als unbedingt nothwendig zum Wesen der Körper zu zählen; denn es lassen sich Dinge denken, welche, ohne sie zu besitzen, für unser Wahrnehmungsvermögen vorhanden sind. Nur die Ausdehnung und die Undurchdringlichkeit können für nothwendige allgemeine Eigenschaften gelten.

§. 4.

Die Undurchdringlichkeit der Körper.

Hier liegt ein Stück Holz. Daß in demselben Augenblick nicht auch dieser Kieselstein an der bezeichneten Stelle liegen könne, ist an sich so klar, daß jedes noch so gut erläuternde Wort kein besseres Verständniß geben würde. Gesonnen, zu erfahren, wie unter ähnlichen Umständen ein fester und ein tropfbar-

flüssiger Körper sich zu einander verhalten, werfe ich den Kieselstein in ein bis oben hin mit Wasser angefülltes Glas. Der Erfolg ist bekannt; es tritt nämlich ein Theil jener Flüssigkeit über den Rand, oder wird genöthigt, die Stelle, welche er bis jetzt eingenommen hatte, dem Steine zu überlassen. Aehnliches findet zwischen einem tropfbar- und einem elastischflüssigen Körper Statt. Daß z. B. in diesem hohen Bierglase nur Luft enthalten ist, brauche ich euch nicht erst zu sagen; ich drükke nun die Mündung desselben recht gleichmäßig ins Wasser, und überzeuge euch dadurch, daß letzteres nicht bis zum Boden hin gelangt, sondern in dessen Nähe einen merklichen Raum frei läßt. Nur die Luft im Glase ist hiervon die Ursache; sie kann von dem Wasser wol zusammengedrückt, nicht aber verdrängt werden. So tritt uns denn überall die Wahrheit entgegen: »in demjenigen Punkte des Raumes, wo sich bereits ein Körper befindet, kann in demselben Augenblick kein anderer sein.« Diese neu entdeckte allgemeine Eigenschaft heißt die Undurchdringlichkeit.

Anstatt des Kieselsteines versenke ich nun ein Stück Zucker, Steinsalz u. dgl. allmälig immer tiefer in Wasser, und es geht, obgleich dasselbe auch dieses Mal den Rand des Glases erreicht hatte, kein Tropfen verloren. »Wie aber verträgt sich eine solche Erscheinung mit der Undurchdringlichkeit?« Ihr seht ferner ein enghalsiges Medizinfläschchen bis zur Hälfte mit Wasser und von dort bis zur Mündung mit gefärbtem Weingeiste angefüllt. Noch nehmt ihr innerhalb desselben keinen leeren Raum wahr; allein dieser entsteht sogleich, da ich das Fläschchen umkehre und dadurch beide Flüssigkeiten mit einander vermische. Hätten wir nicht bereits die Porosität der Körper kennen gelernt; so dürften uns diese und ihnen ähnliche Erscheinungen wol zweifelhaft machen, ob die Undurchdringlichkeit eine allgemeine Eigenschaft der Körper sei, oder nicht; nun aber wissen wir, daß die feinere tropfbare Flüssigkeit in die Poren des gröbern Körpers einzudringen sucht.

Daß aus einem Stück Holz Mehl und Spänlein in Menge herausfallen, wenn wir in dasselbe vermittels einer Säge, eines Bohrers u. dgl. zu dringen suchen; daß aus dem Pumpen-Cylinder, wenn der Kolben abwärts geht, das früher eingetretene Wasser wieder entweicht; daß ein Lichtchen, welches auf Kork schwimmt und mit einem hohen, walzigen, oben verschlossenen Glase bedeckt worden ist, unter Wasser fortbrennt; daß Menschen in einer Taucherglokke nicht nur bis auf den Meeresgrund gelangen, sondern dort auch eine Stunde und länger verweilen können: die Ursache zu diesen und andern Erscheinungen liegt allein in der Undurchdringlichkeit der Körper.

§. 5.

Die Theilbarkeit der Körper.

Wer ein Messer, eine Säge, einen Metallbohrer, kurz irgend ein zweckdienliches Werkzeug besitzt, wird nicht nur Seife, Kreide, Holz, sondern auch Stahlstreifen, Gold- oder Silberstükke, ja selbst Diamanten, diese ungemein harten Edelsteine, wenn er anders deren Blättchenlage genau sieht, zerlegen können. So ist denn auch die Theilbarkeit eine allgemeine Eigenschaft der Körper.

Ueber die Feinheit gewisser Körpertheilchen belehren uns genügend nachfolgende Beispiele: »Mit ungefähr vier Dukaten bedekken französische Golddrathzieher einen 22 Zoll langen und 15 Zoll dikken Silber-Cylinder, der, durch immer engere Löcher gezogen, zuletzt die außerordentliche Länge von 60 und mehr geographischen Meilen erreicht. Was wir hierbei vorzugsweise zu bewundern haben, ist der Umstand, daß das Gold, ungeachtet es kaum mehr die Dikke von dem Milliontel einer Linie haben kann, noch überall mit dem Silber zusammenhängt. So reicht ferner ein Dukaten hin, die Statue eines Mannes zu Pferde zu vergolden.« — »Der Moschus, dieses kostbare Arzneimittel, mit dem uns ein niedliches, wiederkäuendes Thier in Tibet, China und der Tartarei beschenkt, erfüllt, ohne von seinem Gewicht etwas Merkliches zu verlieren, ein luftiges Zimmer, d. h. ein solches, in welchem die ausgedunsteten Theile sogleich wieder fortgeschafft werden, Tage, Wochen, ja Monate und Jahre lang. Wie unendlich fein müssen nicht erst diese Theilchen sein!« — Eben so überraschende Beispiele von großer Theilbarkeit liefern die färbenden Stoffe. — Vermittels einer Unze Koschenille kann man mindestens 10 Unzen Seide roth machen. Erwägen wir nun: 1) daß 10 Unzen Seidenfäden gegen 150,000 Fuß lang sind; 2) daß ein einzelner Faden aus ungefähr 50 Kokonfäden zusammengesetzt ist; endlich 3) daß in jedem Fuße wenigstens 2000 deutlich von einander zu unterscheidende Theile sichtbar werden; so erhalten wir von einer Unze Koschenille 150,000 . 50 . 2000 = 15,000,000,000 Theilchen, deren jedes unter einem guten Vergrößerungsglase noch immer roth gefärbt erscheint.« — »Ein einziger Tropfen Flüssigkeit, aus dem Darm eines Frosches genommen, läßt uns unter dem Mikroskop unzählige Infusorien wahrnehmen, die mit Ernährungs- und Bewegungs-Organen versehen sind. Ebenso ist unser Blut nicht, wie es den Anschein hat, eine gleichförmige Flüssigkeit; es besteht vielmehr aus einer Menge verschiedener Körperchen, die in dem Serum, einer eigenthümlichen Flüssigkeit, umherschwimmen. Ungeachtet nun die Blutkügelchen des Menschen kaum einen Durchmesser von dem 300sten Theile einer Linie besitzen; so können sie doch, wie die Chemie zeigt, in Theile zerlegt werden.«

Sämmtliche hier angegebene Beispiele leiten uns offenbar zu der Frage hin: »geht die Theilbarkeit vielleicht bis ins Unendliche fort?« Nehmen wir sie im mathematischen Sinne, so läßt sich bei ihr keine Grenze finden: denn so klein wir uns auch die Theilchen denken mögen; immer führt die Vorstellung über ihre körperliche Ausdehnung es mit sich, daß sie noch weiter zerlegbar sein müssen. Anders verhält es sich mit der physischen oder wirklichen Theilbarkeit. Da ist es sowol unsere Ungeschicklichkeit, als auch der Mangel an feinen Instrumenten, durch die wir, bei einem gewissen Punkte angelangt, genöhigt werden, jede noch fernere Theilung als unmöglich einzustellen. Diese Betrachtung führt uns gleichsam von selbst zu den Namen Atome und Moleküle. Beide deuten so ziemlich Dasselbe an, nämlich die undurchdringlichen, vollkommen dichten, gleich schweren Urtheilchen, zu denen wir bei der Zerlegung zuletzt gelangen, uud von denen wir annehmen, daß aus ihnen jeder Körper zusammengesetzt sei. Wer von diesen Theilchen redet, ohne gerade ihre Unzerlegbarkeit im Auge zu haben, bedient sich der Bezeichnung Molekül (das beste deutsche Wort für Molekül ist Massentheilchen); wer aber, gerade umgekehrt, so recht hervorheben will, daß sie continuir-

lich, d. h. untrennbar, sind, gebraucht das ältere Wort Atom. Eigentlich hat der Begriff Atom mit der Größe oder Kleinheit gar nichts zu thun. Die geringere oder bedeutendere Anzahl der Atome in einem bestimmten Raume bedingt die verschiedene Dichtigkeit des Körpers. Vorausgesetzt, irgend zwei Körper besäßen ein gleiches Volumen; »wie könnten wir dann das Verhältniß ihrer gegenseitigen Dichtigkeit erfahren?«

§. 6.

Die Anziehung der Körper.

a. Die Anziehung der Körper als Zusammenhang (Cohäsion).

Die Theile einer Metallsaite hängen bekanntlich so fest zusammen, daß es einer sehr ansehnlichen Kraft bedarf, sie von einander zu reißen. Weniger bedeutend ist der Widerstand bei einem Holzspane. Daß er selbst bei dem Wasser nicht ganz fehlt, sehen wir bald an einer Nähnadel, die sich auf der Oberfläche schwimmend erhält, bald an einer Menge Zahlpfennige, die, in ein Glas mit Wasser äußerst behutsam versenkt, auf dem Spiegel der in Rede stehenden Flüssigkeit einen eigenthümlichen Berg hervorrufen. — Ehe ich noch anderer Experimente gedenken kann, haben wir uns Folgendes zu merken:

»1. Diejenige Eigenschaft der Körper, vermöge deren sie jedem Trennungsversuche ihrer Theilchen bald eine größere, bald eine geringere Kraft entgegensetzen, führt den Namen **Zusammenhang**; die Kraft selbst heißt die **Cohäsions-Kraft.**

»2. Jener Widerstand thut sich uns sowol bei dem Zerreißen, als auch bei dem Zerbrechen kund, ist also ein doppelter; der erstere, den nämlich ein Körper kraft seiner Cohäsion bei dem Zerbrechen leistet, bestimmt die **absolute,** der andere, welchen er bei dem Zerbrechen offenbart, die **relative** Festigkeit.«

»3. Die Kraft endlich, welche nöthig ist, ihn zu zerdrükken, wird die **rückwirkende Festigkeit** desselben genannt.«

Um zu zeigen, daß die Cohäsions-Kraft bei den verschiedenen Körpern verschieden ist, nahm Muschenbroek, ein in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts zu Leiden lebender Naturforscher, mehrere vierkantige, gegen 2 Linien breite und aus verschiedenem Metall gegossene Stäbchen, befestigte das eine Ende derselben so, daß sie eine lothrechte Richtung erhielten, und beschwerte das andere, bis sie zerrissen, mit immer mehr Gewichten. Seine Experimente lieferten zum Theil sehr unerwartete Resultate. Es verlangte nämlich, wenn die Trennung erfolgen sollte, das Stäbchen von englischem Blei 25, von Spießglanz 30, von goslar'schem Zink 70 bis 83, von Wismuth 85 bis 93, von englischem Zinn 150, von japanischem Kupfer 573, von feinem Golde 578, von schwedischem Kupfer 1059, von feinem Silber 1156 und von deutschem Eisen 1936 Pfund. Andere Versuche mit etwas über 3 Linien breiten und aus verschiedenem Holze geschnittenen Stäbchen ergaben, daß Fichtenholz 550, Tannenholz 600, Lindenholz 1000, Eichenholz 1150 und Büchenholz 1250 Pfund erforderte, ehe die beabsichtigte Zerreißung eintrat. Auch überaus feine Körper be-

sitzen nicht selten eine bedeutende Cohäsions-Kraft. Ein einfacher Seidenfaden, d. h. ein solcher, wie ihn die Seidenraupe spinnt, kann nach Muschenbroek gegen 80, und ein Menschenhaar, was nicht minder leicht zu ermitteln ist, 1500 bis 2000 Gran tragen. Alle diese Versuche lehren uns ferner: »1) Jeder Körper, der auf obige Weise mit Gewichten beschwert wird, verlängert sich vor dem Zerreißen, und erhält besonders an der Stelle, wo er sich trennen will, allmälig einen immer geringern Querschnitt; und 2. die absolute Festigkeit der Körper wächst zwar mit der Größe eines Querschnittes, beruht aber sonst auf keinem allgemeinen Gesetze und steht am wenigsten mit der Dichtigkeit in einem bestimmten Verhältnisse.«

Wer die relative Festigkeit der Körper bestimmen will, unterstütze ähnliche Stäbchen an beiden Enden, und belaste sie in der Mitte mit immer mehr Gewichten, bis sie zerbrechen. Mögen auch die Resultate verschieden ausfallen; stets tritt ihm doch die Wahrheit entgegen: »die Tragekraft befindet sich, wenn anders die Körper aus einerlei Materie bestehen, im geraden Verhältnisse der Breite und des Quadrates der Höhe, aber im umgekehrten der Länge! Für den Forstmann, den Baumeister u. s. w. ist die Kenntniß dieses Satzes von großer Wichtigkeit. Ein Balken, der an dem einen Ende horizontal befestigt wird, trägt an dem andern nur den vierten Theil, hingegen bei einer gleichmäßigen Verbreitung der Last das Doppelte. Wir müssen übrigens das Gewicht desselben, besonders wenn er eine ansehnliche Länge und Dikke besitzt, von der Tragekraft abziehen.

Ein lokkerer Strick offenbart bekanntlich eine größere Festigkeit, als ein zusammengedrehter. So muß es auch sein. Während nämlich bei jenem ein Theil des Gewichts darauf hingeht, ihm die Eigenschaft dieses mitzutheilen, wird letzterer sogleich, als eine solche Kraft auf ihn einwirkt, in eine noch bedeutendere Spannung versetzt. So erscheint ferner ein Seil, das aus vielen Eisendräthen gewunden ist, stärker, als ein gleich schwerer und gleich langer Stab von demselben Metall, weil der Drath, wenn er gezogen wird, eine dichtere Oberfläche erhält. Die Erfahrung belehrt uns weiter, daß Blei, vermittels eigener Walzen gedrückt, vier Mal, und Silber, tüchtig geschlagen, mindestens noch ein Mal so viel Festigkeit besitzt, als im gewöhnlichen Zustande; daß Körper, welche gewalkt oder geklopft werden, gleichfalls an Stärke gewinnen u. s. w. Die Ursache zu allen diesen Erscheinungen ist leicht zu finden und bedarf mithin hier keiner Angabe.

Mit Rücksicht auf ihre Cohäsions-Kraft bieten uns die Körper auch noch sonst bemerkenswerthe Verschiedenheiten dar. Folgende Experimente mögen dieser neuen Behauptung als Beweismittel dienen!

a. Während ich die Oeffnung dieses Medizinfläschchens, das ich mit Wasser angefüllt habe, allmälig immer weiter nach unten kehre, gewahren wir, daß ein Tropfen nach dem andern ausfließt, oder daß es nur wenig Mühe macht, die Theile jener Flüssigkeit von einander zu trennen. Oel, Milch, Weingeist u. s. w. bieten, auf ähnliche Weise behandelt, dieselbe Erscheinung dar. Ich wiederhole meinen Versuch, fange aber jetzt sämmtliche Tropfen in einem Gefäße auf, das wenigstens in der Gestalt von dem Medizinfläschchen abweicht. Daß die Tropfen sich leicht in einander verschieben lassen, mithin auch vereint

die Gestalt ihres zweiten Behältnisses annehmen, ist die uns längst bekannte Erscheinung, welche wir aufs neue zu beobachten Gelegenheit gehabt haben. Bei Holz, Kreide, Eisen, Kupfer, Steinen und ähnlichen Dingen können hingegen die Theile nur mit Mühe getrennt und nicht in einander verschoben werden. So bilden sie denn zu Wasser, Oel, Milch u. s. w. den vollkommensten Gegensatz. Was wir uns hierbei besonders einzuprägen haben, lautet: »Jeder Körper, dessen Theile so gering zusammenhängen, daß sie leicht getrennt und in einander verschoben werden können, heißt **flüssig**, jeder andere hingegen **fest**. Nicht alle flüssigen Körper sind übrigens auch tropfbar; wir theilen sie daher weiter in tropfbar- und elastischflüssige ein. Jene widerstehen dem Drukke ungleich mehr, als diese. Wer sich hiervon überzeugen will, bringe unter den Recipienten einer Verdünnungs-Luftpumpe ein Glas mit Wasser und eine mit Luft angefüllte, oben fest zugebundene Thierblase, und er wird sehen, daß das Wasser bei dem allmälig immer geringern Luftdrukke seinen Raum kaum merklich ändert, daß aber die eingeschlossene Luft mit solcher Gewalt sich ausdehnt, daß wir, um die Blase vor dem Zerplatzen zu sichern, alle Ursache haben, dem Recipienten neue Luft zuzuführen. Die elastischen Flüssigkeiten sondern wir endlich noch in Dämpfe und Gase. Wohin sie gehören, erfahren wir am besten, wenn wir ihnen einen bestimmten Wärmegrad mittheilen. Kehren sie nämlich bei verminderter Wärme in den tropfbarflüssigen Zustand zurück, so haben wir sie den Dämpfen, — thun sie Dies aber nicht, behalten sie also die luftförmige Gestalt bei, den Gasen zuzuzählen. Zwischen Dämpfen und Gasen findet mithin kein wesentlicher Unterschied Statt. Wie steht es schließlich mit folgenden Behauptungen: »Die festen Körper haben, abgerechnet die geringfügigen Veränderungen, welche durch die Wärme hervorgebracht werden, ein unveränderliches Volumen und eine selbstständige Gestalt; die tropfbaren Flüssigkeiten ferner behalten wol ihr Volumen, nicht aber auch ihre Gestalt bei; die elastischen Flüssigkeiten endlich hängen mit Rücksicht auf ihr Volumen und ihre Gestalt von dem äußern Drukke ab, dem sie ausgesetzt werden?«

Wenn ich eine so eben bereitete Thonkugel vermittels eines Fingers drükke; so erkenne ich, daß ihre Oberfläche ziemlich gut Eindrükke annimmt, und daß ich daher ihre kugelige Gestalt leicht in eine andere verwandeln kann. Talg, Butter, frischer Käse u. s. w. lassen dieselben Abänderungen zu. Anders steht es mit einem Kieselstein. Ungeachtet ich bei ihm meine ganze Kraft aufbiete; so will es mir, weil er einen allzu bedeutenden Widerstand leistet, doch nimmer gelingen, seiner Oberfläche Eindrükke zu verleihen. Aehnliches erfahren wir bei Eisen, Kupfer, Gold u. s. w. Auch diese Versuche lehren uns etwas Neues, nämlich: »Ein Körper, dessen Oberfläche ziemlich leicht Eindrükke annimmt, und dem daher auch bei geringer Mühe eine andere Gestalt gegeben werden kann, wird **weich**, — jeder andere aber, der mithin die entgegengesetzten Eigenschaften an sich trägt, **hart** genannt.« Die Grenze zwischen weichen und harten Körpern ist sehr unbestimmt. Ausdrükke, wie folgende: »die Butter, das Holz, die Betten u. s. w. sind zu hart oder zu weich,« liefern hierzu den besten Beweis. So ist ferner Stahl härter, als Eisen; Iridium, ein silberweißes

Metall, daß selbst im Sauerstoff-Gebläse nicht schmilzt, härter, als Stahl; der Diamant härter, als Iridium, überhaupt so hart, daß kein anderer Körper durch Einritzen seine Oberfläche angreift.

c) Die Metallsaite, welche ich an beiden Enden erfasse, kann, ohne daß sie zerreißt oder zerbricht, nach verschiedenen Seiten hin gewandt werden. Fischbein, Weidenruthen, dünne Zinn- oder Bleiplatten, überhaupt eine Menge anderer Körper, lassen gleichfalls eine solche Aenderung ihrer Lage zu. Mit einer Glasröhre, Siegellackstange u. dgl. erreiche ich jedoch meine Absicht nicht; ich überzeuge mich vielmehr, daß diese Körper eher in Stükke zerspringen würden, als sich nach verschiedenen Seiten wenden lassen. Merket! »Jeder Körper, der sich, ohne zu zerreißen, oder zu zerbrechen, nach verschiedenen Richtungen hin wenden läßt, heißt **biegsam**, — jeder andere, dem mithin jene Eigenschaft fehlt, **spröde**.« Als Beispiele bedeutender Härte und Sprödigkeit zugleich, dienen die sogenannten Glastropfen und bologneser Fläschchen: jene erhalten wir, wenn wir Tropfen geschmolzenen Glases in kaltes Wasser fallen; — diese, welche birnförmige Fläschchen mit dikken Wänden sind, wenn wir sie in freier Luft schnell abkühlen lassen. Beide Spielereien besitzen nämlich Festigkeit genug, recht bedeutenden Stößen Widerstand zu leisten; auch bleiben ihre Theile, wenn sie an andern harten Körpern gerieben werden, im innigsten Zusammenhange: allein die Glastropfen zerspringen sogleich, da wir sie ihres dünnen Halses berauben, in Staub, und die bologneser Fläschchen verlieren in demselben Augenblick, als ihre innere Fläche von einem Stücklein Feuerstein getroffen wird, den Boden. Beide Erscheinungen weisen auf einen äußerst gezwungenen Zustand der Körpertheilchen hin. Daß sie ferner nur die Wirkung einer eigenthümlichen Abkühlungsart sind, lehrt der Umstand, daß von den bezeichneten Eigenschaften nichts mehr zu spüren ist, wenn wir jene Tropfen und Fläschchen noch ein Mal bis zum Rothglühen erhitzen und dann in einem Kühlofen allmälig erkalten lassen.

d) Eine dünne Bleiplatte und ein Ball von Federharz sind zwar beide biegsam; allein sie zeigen in anderer Beziehung eine auffallende Verschiedenheit. Nachdem ich die Bleiplatte etwas aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht habe, bemerken wir, daß sie kein Bestreben zeigt, ihre vorige Gestalt wieder einzunehmen. Wie ganz anders verhält sich unter denselben Umständen ein Ball von Federharz! Wie irgend eine fremde Kraft aufhört, ihn gleichsam zu belästigen; so liegt er auch schon wieder in seiner Grundgestalt vor uns da. Lernet aus diesen Versuchen: »Jeder Körper, der das Bestreben zeigt, Raum und Gestalt sogleich, da ihm keine Kraft mehr hemmend entgegentritt, wieder herzustellen, wird **elastisch**, — hingegen jeder andere **unelastisch** genannt.« Ob es übrigens Körper giebt, denen die Elasticität ganz abgeht, wissen wir nicht. Jede sorgfältige Beobachtung, welche die Physiker hierüber angestellt haben, führte sie stets aufs neue zu dem Resultat: »Alle festen Körper verhalten sich gegen solche Kräfte, die ein gewisses Maß nicht überschreiten, als vollkommen elastisch, gegen andere aber, deren Größe verhältnißmäßig zu bedeutend ist, als vollkommen unelastisch.« Die Grenze der Wirkungen ist folglich bei den verschiedenen Körpern eine verschiedene. Ausgezeichnete Elasticität, d. h. eine solche, bei der sich Raum und Gestalt gänzlich

wieder herstellen, zeigen: Fischbein, Federharz, Elfenbein, gehärteter Stahl, geschlagenes Messing u. s. w.; äußerst geringe, bei der jene Erscheinung kaum zu spüren ist: weicher Thon, allerlei Zeuge, besonders Wolle, und unzählig viel andere Körper. Für die große Kraft, mit welcher manche elastische Körper ihre ursprüngliche Lage und Gestalt wieder annehmen, zeugen verschiedene Beispiele. Ein Ball von Federharz, den wir frei fallen lassen, wird sogleich, da er die Erde berührt, in die Höhe geschnellt; ein gespannter Bogen treibt den Pfeil, indem er in seine frühere Lage und Gestalt zurückkehrt, mit großer Geschwindigkeit fort; ein ausgespanntes Seil hebt den Mann, der auf ihm seine wunderlichen Künste macht, wiederholt hoch empor u. s. w. Gesonnen, uns von der Elasticität des Elfenbeines zu überzeugen, dürfen wir nur eine Billardkugel mit Oel überstreichen und sie dann auf eine vollkommen ebene Fläche fallen lassen. Der kreisrunde Fleck, den wir auf jener Fläche bemerken, nachdem sie in die Höhe gesprungen ist, lehrt uns, daß sie sich bei ihrem Auffallen abgeplattet haben müsse. Kugeln von Holz, Stein, Glas und vielen Metallen verhalten sich mehr oder weniger eben so. Sehr merkwürdige, ganz auf die Elasticität gewisser Körper berechnete Werkzeuge waren die Ballisten und die Katapulten der Alten. Erstere dienten zum Werfen, wie unsere Mörser; Letztere zum Schießen, wie unsere Kanonen. Die Katapulten hatten fast die Einrichtung der Armbrüste. Ueber der breiten Rinne, in welche man die fortzuschießenden Körper legte, waren zwischen zwei Balken zusammengeflochtene Sehnen von Häuten, Haaren oder Gedärmen der Thiere befestigt. Solche ungeheure Stricke konnte man nur vermittels eines starken eisernen Hakens, und einer Winde, die jenen in Bewegung setzte, spannen. Ließ man den Strick los; so fuhr er kraft seiner Elasticität augenblicklich zurück und schleuderte alle in der Rinne befindlichen Dinge mit fast unglaublicher Geschwindigkeit fort. Nicht minder effektreich waren die Ballisten. In der Mitte der Sehne, welche man bei ihnen eben so ausspannte, brachte man einen starken Balken an, der die Gestalt eines Löffels hatte, und, wenn die Sehne stark zusammengedreht werden sollte, vermittels einer Winde zurückgezogen wurde. Legte man nun in die bezeichnete Vertiefung allerlei Körper, z. B. große Steine, vielleicht schon halbverweste Thier- oder Menschenleichname u. s. w., und beraubte die Sehne der Kraft, welche sie bisher gespannt erhalten hatte; so flogen alle jene Dinge mit bedeutender Geschwindigkeit fort und brachten unter die Feinde Verderben und Tod. Archimedes, einer der berühmtesten Mathematiker, warf, als der römische Feldherr Marcellus i. J. 214 v. Chr. gegen Syrakus heranrückte, 3 Mal hinter einander Felsstükke von 10 Zentnern Schwere über die Mauern jener Stadt und zertrümmerte dadurch die Sturmbrükke der feindlichen Legionen.

Ueber die Elasticität der tropfbaren und der elastischen Flüssigkeiten wird später das Nöthige mitgetheilt werden; vorläufig merken wir uns nur, daß Dämpfe und Gase zu den vollkommen elastischen Körpern gehören, und daß auch Oel, Wasser, Weingeist u. s. w., wenn sie keine Kraft mehr zusammenpreßt, sofort sich wieder ausdehnen.

b. Die Anziehung als Anhang (Adhäsion).

Indem ich die beiden Glasplatten, welche eine Zeitlang auf einander gelegen haben, wieder trennen will, werde ich gewahr, daß ich hierzu einer, wenn-

gleich nur geringen, doch aber bemerklichen Kraft bedarf. Gut polirte Metall- oder Marmorplatten; stark zusammengedrückte Hände, besonders wenn sie vorher etwas angehaucht worden sind u. s. w., führen unter ähnlichen Umständen zu demselben Ergebnisse. Zwei Wassertropfen ferner vereinigen sich in dem Augenblick ihrer gegenseitigen Berührung zu einem Tropfen; eben so zwei oder mehrere Tropfen von Oel, Weingeist, überhaupt von jeder Flüssigkeit. — Achtet nun weiter auf Versuche einer zweiten Art!

Hier ist eine trokkene Glasscheibe. Nachdem ich sie mit feinem Staube bestreut, und so umgewandt habe, daß die vorhin obere Fläche die untere geworden ist, überrascht es uns einiger Maßen, blos die schwerern Körperchen abfallen, hingegen die leichtern, ungeachtet sie doch den Scheibentheilchen ungleichartig sind, hängenbleiben zu sehen. Ich bringe ferner einen Finger unter Wasser. Die Wirkung hiervon ist bekannt; es hat nämlich derselbe seine vorige Trokkenheit verloren und kann von den Wassertheilchen nur schwer wieder befreit werden. Nicht minder beachtenswerth ist die Erscheinung, daß das Wasser in meinem Medizinfläschchen am Rande höher steht, als in der Mitte. Hänge ich endlich eine Glasplatte (eine Metall- oder Marmorplatte ist dazu auch brauchbar) an der einen Wagschale horizontal auf, bringe dann die Geräthschaft, indem ich in die andere Schale die nöthigen Gewichte lege, wieder ins Gleichgewicht, und lasse zuletzt jene Platte den Wasserspiegel eines Gefäßes berühren; so finde ich, daß sie an demselben mit einer gewissen Kraft haftet, und sich auch nicht eher losreißt, als bis in die zweite Schale neue Gewichte gelegt werden. Uebrigens behält sie auch noch nach der Trennung der Wassertheilchen in Menge. — Ich schreite nun zu Experimenten einer dritten Klasse. —

Von diesen Medizinfläschchen fülle ich das eine mit Quecksilber, das andere aber, nachdem ich dessen innere Wände mit Hexenmehl oder Bärlappsamen bestreut habe, mit Wasser an. Und sehet! beide Flüssigkeiten fliehen den Rand ihres Behältnisses oder erheben sich in der Mitte am meisten. Ich bestreue ferner einen meiner Finger mit Hexenmehl. So lange ich ihn nun auch im Wasser stekken lasse; er wird doch nicht naß. Bringe ich jene eigenthümliche Masse auf Papier, so rollt über letzteres das Wasser in Tropfen hinweg. — Einige der noch folgenden Experimente könnet ihr mit mir zugleich anstellen. Tauchet erstens eine Schreibfeder bis zu einem gewissen Striche ihres Spaltes in Dinte! thut zweitens Dasselbe mit eurer Reißfeder, deren Seitenflächen einander auch sehr nahe stehen! versenket drittens einen bestimmten Theil von einem Blatte Löschpapier unter Wasser! Daß die Flüssigkeiten bei allen drei Körpern die Marke überschritten, ist die Erscheinung, auf welche ihr hier zu achten habt. Noch schöner zeigt sie sich uns, wenn wir enge Glasröhren bis zu einem bestimmten Theile hin in Wasser, Alkohol u. s. w. versenken. Je feiner die Flüssigkeit ist, desto mehr steigt auch dieselbe über die Marke hinweg. — Nach so vielen und verschiedenen Versuchen theile ich euch Folgendes mit:

»1. Diejenige Eigenschaft, vermöge deren sich entweder zwei gleich- oder zwei ungleichartige Körper, die sich an ihrer Oberfläche berühren, so gern mit einander vereinigen, heißt **Adhäsion oder Anhang**; die Kraft selbst, welche hierbei in Thätigkeit ist, wird die **Adhäsions-Kraft** genannt.«

»2. Die Adhäsion tropfbarflüssiger Körper an den Oberflächen fester ist bei verschiedenen Körpern nicht selten ungleich.«

»3. Die besondere Art der Adhäsion, welche sich darin kund giebt, daß die tropfbaren Flüssigkeiten an den Wänden enger Röhren hinaufsteigen, belegen wir mit dem Namen **Capillarität** oder **Haarröhrchen-Anziehung.**« Je enger die Röhrchen erscheinen, desto höher steigen auch in ihnen die Flüssigkeiten, und zwar um das Doppelte, wenn sie nur halb, um das Dreifache, wenn sie blos ein Drittel so weit, u. s. f., als andere, sind. Dieses Gesetz findet sich in den Experimenten mit großer Genauigkeit bestätigt.

»4. Die Adhäsion fester Körper wird durch tropfbarflüssige, oder auch nur flüssig gemachte, die zwischen sie gebracht werden, bedeutend verstärkt.« Erwärmet nur einmal zwei Metallplatten, die recht eben geschliffen sind und einige Zoll im Durchmesser besitzen; bestreichet sie gleichmäßig mit Talg, drükket sie an einander und lasset sie eine Zeitlang ungestört liegen! und ihr werdet euch überzeugen, daß selbst ein Zentnergewicht sie kaum wieder trennen kann. Kupferbleche von der Dikke einer halben Linie erhalten, zu Röhren geformt und mit einer doppelt so dikken Lage stark geleimten Papiers überzogen, eine Festigkeit, die sich zu ihrer ursprünglichen, wie 2 zu 1, verhält. Ein Cylinder, der aus mehrern zusammengeleimten Papierlagen besteht, und dessen Queerschnitt etwa einen Zoll im Geviert hat, kann mindestens 30,000 Pfund tragen; ja er zerreißt, auf dieselbe Weise aus guten Hanffäden bereitet, gewöhnlich erst bei 90,000 Pfund Gewicht. Daß es Kittarten giebt, die bei gewissen Körpern einen solchen Zusammenhang bewirken, daß diese eher in der Mitte ihrer eigenen Masse zerreißen, als daß sie sich von dem verbindenden Mittel trennen sollten, ist so bekannt, daß es hierzu nicht erst der Beispiele bedarf. Kitten und Leimen, Löthen und Schweißen, Drukken und Zeichnen, Vergolden, Versilbern und Verzinnen, das Belegen der Spiegel mit Amalgam, das Plattiren, d. h. das Zusammenwalzen einer Kupfer- und einer Silberplatte: alle diese und ihnen ähnliche Geschäfte beruhen auf der Adhäsion. — Da die Oberflächen fester Körper, auch wenn man sie aufs sorgfältigste polirt hat, noch immer uneben sind, mithin sich nur in einer beschränkten Zahl von Punkten berühren; so muß ja ihre Adhäsion wachsen, wenn irgend eine flüssige Masse die etwaigen Vertiefungen ausfüllt, also die Berührung inniger, vollkommener macht. Ist doch selbst das Befeuchten eines Körpers nur eine Folge des Anhangs. Hoffend, es werde Jedem leicht werden, stets die besondere Ursache zu entdekken und in guten Worten auszusprechen, führe ich nur noch einige Erscheinungen an, die ebenfalls durch die Adhäsions-Kraft bedingt sind.

Ein Stückchen Zukker, in einen Löffel mit Kaffee gethan, wird in Kurzem überall von der braunen Flüssigkeit durchzogen; — ein nasser Fleck auf einem Tische läßt sich mit Schreibpapier schwer, hingegen mit Löschpapier leicht abwischen (bei jenem hat der Leim die feinen Zwischenräume verstopft); — trokkene Keile von Holz, die wir in eine Felsenspalte getrieben haben, werden, wenn in ihren Poren das Wasser emporsteigt, so ausgedehnt, daß sie selbst die gewaltigsten Felsen zerbersten machen; — ein Streifen Löschpapier, über die Ränder

zweier Gläser gelegt, von denen das eine Glas leer, das andere bis etwa zu drei Vierteln mit Wasser angefüllt ist, nimmt diese Flüssigkeit nicht nur in sich auf, sondern führt sie sogar in das zweite Gefäß hinüber; — hohle Glaskügelchen, die auf der Oberfläche eines ruhigen Wassers schwimmen, fahren auf den Rand ihres Gefäßes, wenn sie demselben schon ziemlich nahe gekommen sind, mit beschleunigter Bewegung zu; — Schwimmvögel, die aus ihrer Oeldrüse den Federn einen fettigen Ueberzug verliehen haben, dürfen sich nur schütteln, um das Wasser über ihren Leib kugelig hinwegrollen zu sehen; — in den Pflanzenzellen, deren Durchmesser kaum den 250sten Theil einer Linie beträgt, steigen die Säfte mit großer Kraft in die Höhe; — eben so, wenngleich in einem viel geringern Grade, ziehen sich die Flüssigkeiten in Sand, Baumwolle, feuchtem Thone u. s. w. empor; — ein Quecksilbertropfen bildet auf Glas, wie Wasser auf Staub oder Fett, eine Kugel, zerfließt aber auf Silber oder Zinn u. s. w., u. s. w.

c. Die chemische Anziehung und die Wahlverwandtschaft der Körper.

In dem ersten dieser drei Gläschen ist Wasser, in dem zweiten Essig, in dem dritten Salpetersäure. Ich werfe nun in das Wasser etwas Glaubersalz, in den Essig geschabte Kreide und in die Salpetersäure ein Stücklein Kupfer, und sie alle werden von ihrer Flüssigkeit aufgelöst, verschwinden mithin allmälig für unser Gesicht. So wenig Auffallendes dieser Vorgang darbietet, so viel der nachfolgende. Nachdem ich nämlich die erste meiner Mischungen mit Weingeist, die zweite mit Pottasche und die dritte mit einem Eisenstreifen beschenkt habe, kommen jene drei festen Körper wieder zum Vorschein und sinken zu Boden; allein dem Weingeist, der Pottasche und dem Eisenstreifen ist es nun ganz so ergangen, wie vorhin dem Glaubersalze, der Kreide und dem Kupferstück. — Merket mit Rücksicht auf diese Versuche:

1) »Diejenige Anziehung, vermöge deren ein tropfbarflüssiger Körper irgend einen festen auflöst, d. h. ihn so verändert, daß er fortan mit diesem eine gleichartige Masse bildet, heißt **chemische Anziehung.** Der flüssige Körper bildet hierbei das Auflösungsmittel. Hat er so viel Theilchen des festen Körpers in sich aufgenommen, als er nur immer kann, so wird die Auflösung gesättigt genannt. Manche Stoffe, z. B. Wasser und Weingeist, verbinden sich in jedem Verhältnisse mit einander.«

2) »Von je zwei Dingen, die in dem bezeichneten Verhältnisse zu einander stehen, sagen wir, daß sie eine gegenseitige Verwandtschaft besitzen.« Man prüfe, wie es mit diesem Stücklein Harz mit Rücksicht auf Wasser und Weingeist steht (dasselbe löst sich wol im Weingeist, nicht aber auch im Wasser auf)!

3) »Die anziehende Kraft ist nicht zwischen allen Arten von Körpern gleich stark.« Lassen wir z. B. irgend einer tropfbaren Flüssigkeit die Wahl, sich mit irgend einem festen Körper zu verbinden; so löst sie stets diejenige Masse auf, zu welcher sie in einem nähern Verwandtschaftsgrade steht. Ein solches Verhalten mehrerer Körper zu einander belegen wir mit dem Namen **Affinität** oder **Wahlverwandtschaft.**

Von dem Körper ferner, der allein gelassen wird, sagen wir: »er ist durch den neu hinzugekommenen niedergeschlagen worden.« Was endlich von ihm auf dem Boden des Gefäßes zu sehen ist, heißt der Niederschlag.

Ich gieße nun weiter in diese Glasröhre etwas Quecksilber, zerflossenes Weinstein-Salz, Weingeist und Bergöl; dann rüttele ich sie ziemlich stark: und so sehen wir denn nach Wiederherstellung der Ruhe, daß sich jene vier Flüssigkeiten über und unter einander gesetzt haben. Hier ist ferner blauer Vitriol, eine Verbindung von Kupfer und Schwefelsäure; dort Soda, die aus Natron und Kohlensäure besteht. Jeder dieser zusammengesetzten Körper löst sich im Wasser auf. Bringe ich nun die beiden neuen Mischungen, welche ich durch sie und das Wasser erhalten habe, zu einander; so tritt eine sehr eigenthümliche Verbindung doppelter Art ein: es bildet nämlich die Kohlensäure mit dem Kupfer einen Körper, der sich im Wasser nicht auflöst, sondern zu Boden sinkt; die Schwefelsäure hingegen vereinigt sich mit dem Natron, und giebt uns ein Salz, das zwar noch im Wasser aufgelöst ist, sich aber durch Abdampfen aus dieser Flüssigkeit leicht sichtbar machen läßt. — Lernet aus diesen Experimenten:

1) »Es sind solche Flüssigkeiten vorhanden, die gar keine Verwandtschaft zu einander zeigen.«

2) »Wir sprechen von einer doppelten Verwandtschaft, wenn der **eine** Bestandtheil eines zusammengesetzten Körpers mit dem **einen** Bestandtheile eines andern, auch zusammengesetzten, und der zweite jenes Körpers mit dem zweiten Bestandtheile dieses sich verbindet.«

Machet nun selbst noch einige Versuche, und zwar: 1) mit Kreide und Salzsäure (letztere verbindet sich, über jene gegossen, mit dem Kalk, dem einen Bestandtheile der Kreide, und treibt gleichsam, was sich uns durch ein heftiges Aufbrausen zu erkennen giebt, die Kohlensäure, den andern Bestandtheil derselben, fort); 2) mit Terpentin und Weingeist einer- und mit Salpeter und Wasser andererseits (Terpentin und Weingeist vereinigen sich ganz so, wie Salpeter und Wasser, zu einem Körper; gießen wir aber diese Mischungen zusammen, so verbindet sich das Wasser mit dem Weingeist, der Salpeter sinkt nieder, und der Terpentin schwimmt oben auf); 3) mit kohlensaurem Kali und salzsaurem Kalk (hier erhalten wir merkwürdiger Weise salzsaures Kali und kohlensauren Kalk; es findet daher bei jenen Körpern eine doppelte Trennung und Verbindung Statt) u. s. w.! Bei der Beschreibung aller dieser neuen Vorgänge sind die Benennungen: Auflösungsmittel, Niederschlag, einfache und doppelte Verwandtschaft u. s. w. zu gebrauchen. — Merket euch über die chemische Anziehung nun noch Folgendes:

a) Zwei ungleichartige Stoffe, die äußerst wenig, ja vielleicht gar nicht mit einander verwandt sind, können vermittels eines dritten Körpers, wenn dieser ihnen genügend nahe steht, in genaue Verbindung gesetzt und zur Auflösung gebracht werden. Eine solche Verbindung heißt **Aneignung** oder **aneignende Verwandtschaft.** Derjenige Körper ferner, welcher diese Verwandtschaft bewirkt, sie sichtbar macht, wird das **Aneignungsmittel** genannt. Löse ich z. B. Pottasche in Wasser auf; so erhalte

ich eine Mischung, die sich mit Talg, Fett oder Oel leicht vereinigt. Durch diese Art der Verbindung entsteht bekanntlich die Seife. Die Pottasche bildet dabei das Aneignungsmittel.

b. Da fast alle Körper nur im flüssigen Zustande auf einander wirken; so müssen offenbar die festen, wenn wir bei ihnen eine Verbindung hervorrufen wollen, erst flüssig gemacht werden. Hierdurch entsteht aber nicht selten ein größerer Zusammenhang: Kupfer, mit Zink versetzt, giebt das stärkere Messing, und, mit Zinn, dem an sich so weichem Metalle, zusammengebracht, das vortreffliche Glokken- oder Kanonengut; Blei, mit Spießglanz vereinigt, die stärkern Lettern der Buchdrukker u. s. w.

c. Es ist ferner bekannt, daß eine große Menge Körper, z. B. die Salze, sich stets nur in gewissen Formen darstellen, und daß diese, wenngleich hier und dort an ihrer vollkommenen Ausbildung verhindert, im Allgemeinen immer wieder so aus ihren Auflösungen hervorgehen. Wir nennen Dies ihre **Kristallisation.** Je langsamer der Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand erfolgt, desto größer und schöner werden gewöhnlich die Kristalle. Lassen wir beispielsweise Zukker oder Kochsalz in Wasser sich auflösen und die erhaltene Mischung in einem offenen Schälchen verdunsten, so sehen wir das Salz in Würfeln, den Zukker in vier- und sechsseitigen Säulen anschießen. Bei dem sogenannten Hutzukker sucht man durch Umrühren die Kristallbildung zu verhindern. Die Schneeflokken, die feinen Eisnadeln an den Fensterscheiben u. s. w. zeigen deutlich, wie auch das Wasser geneigt ist, sich bei seiner Umbildung in einen festen Körper zu kristallisiren. Welche Kräfte wir uns übrigens bei der Kristallisation als wirkend vorzustellen haben, oder welche Eigenschaften die kleinsten Theile, um sich in einer regelmäßigen Ordnung an einander zu legen, besitzen müssen, ist uns noch ganz in Dunkel gehüllt; der Grund zu den verschiedenen Formen dürfte wol nur in der Anziehung der Körper zu suchen sein.

d. Die mannigfaltigen Verwandtschaftsverhältnisse, in denen die Körper zu einander stehen, werden von den Chemikern dazu benutzt, entweder bekannte Stoffe in neue Verbindungen treten zu lassen, oder fremde Körper, natürlich zusammengesetzte, in ihre Bestandtheile zu zerlegen. Bei dem letztern Geschäfte kommen sie sehr bald auf solche Stoffe, die keiner weitern Ausscheidung fähig sind und von ihnen Elemente oder Grundstoffe genannt werden. Die Zahl solcher Grundstoffe beträgt gegenwärtig 63. Da es sowol nützlich, als auch interessant ist, über sie wenigstens einige Kenntniß zu besitzen; so ergreife ich die Gelegenheit, in Kürze Folgendes mitzutheilen:

Alle bis jetzt bekannten Grundstoffe finden sich im Mineralreiche, jedoch in ihm nicht ausschließlich, und bilden bald für sich, bald mit einander verbunden, die ganze Körperwelt. Mit Rücksicht darauf, ob sie sich durch bestimmte, äußere Charaktere auszeichnen, oder nicht, werden sie Metalle, oder Metalloïde (nichtmetallische Stoffe) genannt. Abgesehen von dem Sauer-, Stick-, Wasser- und Kohlenstoffe, deren später, nämlich in dem Abschnitte über die Bewegung und das Gleichgewicht elastischflüssiger Körper, ziemlich ausführlich gedacht werden wird, gelten für sehr wichtige Metalloïde:

1. der Schwefel, einer der wenigen Grundstoffe, die wir in der Natur rein antreffen. Der Umstand, daß die zähe, braune Masse, in welche er sich bei großer Wärme verwandelt, in Wasser nur langsam wieder erhärtet, hat uns in ihm schon längst ein Mittel zu Abdrükken von Münzen, Kameen u. dgl. finden lassen. Mit den andern einfachen Stoffen geht er viele und auch wichtige Verbindungen ein; er bildet z. B. mit dem Sauerstoff das Vitriolöl und die schwefelige Säure, mit dem Wasserstoff die Schwefel-Wasserstoffsäure u. s. w.

2. der Phosphor. Als ein Grundstoff, der in der Natur nicht rein vorkommt, nöthigt er uns gleichsam, ihn erst aus geglühten Knochen und andern thierischen Theilen zu gewinnen. Gewöhnlich ist er fest, blaßgelb, durchscheinend, und schon bei 28° nach Réaumur schmelzbar. Den Namen Phosphor, d. h. Lichtträger, führt er mit Recht; denn er leuchtet im Finstern und löst sich im Oele zu einer leuchtenden Pommade auf. Da er sich schon entzündet, wenn er an rauhen Flächen gerieben wird; so ist er auch zur Anfertigung der Zündhölzchen besonders brauchbar. Uebrigens gehört er zu den stärksten Giften. Erhitzt man Seifensiederlauge mit Phosphor, so entwikkelt sich eine gasförmige Verbindung des letztern Körpers mit Wasserstoff, welche sich an der Luft von selbst entzündet. Vielleicht werden hierdurch die sogenannten Irrlichter hervorgebracht.

3. das Chlor, ein gelbgrünliches Gas, welches, in geringer Menge eingeathmet, Husten und Schnupfen, in größerer, den Tod erzeugt. In der Natur erscheint es stets mit Metallen verbunden. Um es sich zu verschaffen, erhitze man über einer Spirituslampe, und zwar in einem Glaskolben, der ein mit Sand angefülltes Schälchen zu seiner Unterlage hat, eine Mischung von 3 Theilen Kochsalz, 2 Theilen Braunstein, $2\frac{1}{2}$ Theilen Schwefelsäure und 4 Theilen Wasser und fange in einem dazu geeigneten Gefäße das sich entwikkelnde Gas auf. Das Chlor ist besonders dadurch ausgezeichnet, daß es die organischen Färbestoffe schnell und vollkommen bleicht, und so manche schädliche Dünste, selbst seuchenverbreitende Anstekkungsstoffe, zerstört. Mit Rücksicht auf seine letztere Kraft wird es zu einem vortrefflichen Räucherungsmittel. Vielleicht noch nützlicher, als das Chlor an sich, ist der Chlorkalk. Letztern erhält man, wenn man Chlorgas durch gebrannten Kalk streichen und diesen dann in Wasser sich auflösen läßt. Wer wüßte wol nicht, daß er den Leichen, die mit ihm besprengt werden, den üblen Geruch benimmt, und ferner solche Menschen, die sich in lange verschlossen gewesene Kanäle oder Gewölbe begeben müssen, fast immer, wenn sie mit ihm die Arme und das Gesicht bestrichen haben, vor dem Erstikken sichert? Von dem Steinsalze macht das Chlor die größere Hälfte aus.

4. das Jod. Außer im Seetang kommt dieser feste, schwarzgraue, gewöhnlich in metallisch glänzenden Schuppen sich darstellende, unangenehm riechende, auf die Organe stark einwirkende Grundstoff namentlich im Steinsalze vor, und verwandelt sich, wenn er der Wärme ausgesetzt wird, in ein schönes, veilchenblaues Gas. Der Stärke verleiht das Jod seine blaue Farbe. Manche Aerzte haben es bei Drüsenleiden sehr heilsam gefunden.

5. das Fluor, ein bis jetzt im reinen Zustande noch nicht bekannter Grundstoff. Dasselbe bildet, mit Kalk verbunden, die schönen Flußspath-Kristalle, und, mit Wasserstoff zusammengesetzt, die Flußsäure. Letztere

ist eine wasserhelle, äußerst flüchtige Flüssigkeit, die, auf die Haut getröpfelt, schmerzhafte, gefährliche Blasen, und, als Dampf eingeathmet, den Tod zur Folge haben kann. Sie löst ferner die Kieselerde auf; sie greift daher auch das Glas an und wird zum Aetzen in diesen Stoff benutzt.

6. das Brom. Dasselbe bildet bei der gewöhnlichen Temperatur eine braunrothe Flüssigkeit, welche sich in dünnen Schichten darstellt, leicht verflüchtigt, äußerst unangenehm riecht und ein röthlichgelbes Gas liefert.

7. das Arsen, welches, mit Sauerstoff verbunden, den Arsenik bildet, bekanntlich einen weißen, selbst in den kleinsten Quantitäten tödtlich wirkenden Körper. Um das Vorhandensein von Arsenik zu erkennen, thue man etwas von der verdächtigen Masse in eine Wasserstoff-Entwikkelungsflasche und zünde das ausströmende Gas an. Ist anders Arsenik-Wasserstoff vorhanden, so brennt es mit blauweißer Farbe, und setzt an eine kalte Glas- oder Porzellanscheibe, die man in die Flamme hält, das Arsenik als eine dünne, unverbrannte Schicht von metallähnlichem Aussehen und von schwarzer oder brauner Farbe ab.

8. der Kiesel. Er kommt in der Natur nirgends rein vor, bildet den am meisten verbreiteten Bestandtheil der uns bekannten Erdrinde, und erscheint, von dem Sauerstoffe geschieden, als ein braunes Pulver, welches sich, wenn es an der Luft verbrennt, wieder in Kieselsäure verwandelt. Letztere wurde früher Kieselerde genannt.

Noch zwei andere nichtmetallische Grundstoffe sind das Bor und das Selen: ersteres findet sich hauptsächlich in einem Salze, das Borax heißt, und bildet, rein dargestellt, ein grünlichbraunes Pulver; letzteres, das in seinem ganzen Verhalten große Aehnlichkeit mit dem Schwefel hat, ist metallisch glänzend, röthlich durchscheinend und meist mit dem Schwefel, oder irgend einem Metalle verbunden.

d. Die Anziehung entfernter Körper oder die Schwere derselben (Gravitation).

Kaum habe ich diese kleine eiserne Kugel auf meine Hand gelegt; so fühle ich auch schon, daß sie auf dieselbe einen Druck ausübt. Bekanntlich offenbaren uns ein Stein, ein Thalerstück u. dgl. auf die nämliche Weise ihre Gegenwart. »Wie aber steht es wol in dieser Hinsicht mit einer Flaumfeder, einem Stäublein, dem Licht- und dem Wärmestoffe?« Nun auch sie drükken auf den Körper, der sie unterstützt: so wenig wir es jedoch fühlen, wenn eine Fliege, deren Druck wir unter andern Verhältnissen gewiß nicht bezweifeln werden, auf unserm Rükken umherspazirt; so wenig nehmen wir es auch wahr, wenn eine Feder auf unserer Hand, ein Stäublein auf unsern Füßen ruht. Mit dem Licht- und dem Wärmestoffe ist es freilich eine eigene Sache. Beide sind nicht tastbar; auch besitzen sie eine so überaus große Feinheit, daß sie jedem Mittel entschlüpfen, das sie uns vielleicht wahrnehmbar machen könnte. Ihre Materialität ist nicht nur nicht erwiesen, sondern auch sehr unwahrscheinlich. Merket! »Unter allen Naturkörpern, deren Materialität sich darthun läßt, giebt es keinen, der den oben bezeichneten Einfluß auf seine Unterlage nicht hätte.«

Ich fasse jetzt meine kleine Kugel zwischen die Finger und überlasse sie dann sich selbst. Sogleich nimmt sie ihre Richtung zur Erd-Oberfläche hin.

Was sie gethan hat, macht auch jeder andere Körper, vorausgesetzt, daß er nicht leichter ist, als die ihn umgebende oder unterstützende Luft. Ich befestige ferner meine Kugel an einen Bindfaden, gehe hierauf mit ihr an verschiedene, etwas entfernt von einander liegende Oerter, und untersuche wiederholt, welche Richtung sie dem Faden zur Erd-Oberfläche hin verleiht. Und sehet! derselbe kommt auf jede Linie, die auf der Erd-Oberfläche durch den Berührungspunkt der Kugel geht, senkrecht zu stehen. Da ich nun weiß, daß die Erde eine Kugel ist; so schließe ich mit Recht, daß jeder Körper zum Mittelpunkte der Erde hinstrebt (alle jene Richtungslinien treffen, genügend verlängert, wirklich diesen Punkt), und daß letztere eine Kraft, vermöge deren sie Alles anzieht, besitzen müsse. Wir nennen diese Kraft die **Schwerkraft,** und die Eigenschaft, welche die Körper zum Theil durch ihren Druck auf irgend eine Unterlage, zum Theil durch ihr Streben nach der Erd-Oberfläche hin offenbaren, die **Schwere der Körper.** — Höret hierüber noch Folgendes!

»1. Die Schwere der Körper auf unserer Erde ist eine Folge derjenigen Anziehung, welche alle Punkte der Erdkugel gegen jeden Körper ausüben, der sich auf ihrer Oberfläche befindet.« Diese Anziehung erscheint, wie jede andere außer ihr, gegenseitig. Da indeß die Masse, selbst die eines umfangsreichen Felsenstükkes, zur Masse der ganzen Erde als unendlich klein dasteht; so muß die besondere Anziehung, welche irgend ein einzelner Körper gegen die Erdkugel zeigt, für unsere Sinne verloren gehen.

»2. Die Schwere ist ungleich mehr verbreitet, als so Mancher glaubt.« Es herrscht nämlich zwischen allen Weltkörpern, ja zwischen sämmtlichen Punkten der wahrnehmbaren Materie, eine gegenseitige Anziehung. Nur sie gab den Sonnen, Planeten, Monden u. s. w. ihre Gestalt, hält die Theile derselben zusammen, verbindet die zahllosen Weltkörper zu einem unermeßlichen Ganzen und leitet ihre Bewegungen in ewiger Ordnung und Harmonie. Aus diesem hohen Standpunkte hat sie uns zuerst Newton, jener große englische Mathematiker, kennen gelehrt. Dieser berühmte Mann ging einst in einem Garten spazieren. Da fiel ihm von einem Baume ein Apfel auf den Kopf. Das wußte er, daß die Schwere den Apfel zur Erde getrieben hatte; allein bis jetzt auch nur Dies und nichts weiter. So fragte er sich denn: »würde der Apfel wol auch gefallen sein, wenn der Baum ungleich höher gestanden hätte?« Und er konnte daran nicht zweifeln. »Aber wie dann, wenn der Wipfel desselben vielleicht gar die Oberfläche des Mondes berührte?« Diese letztere Frage machte ihn verlegen, und veranlaßte ihn zu Betrachtungen, über deren Ergebnisse wir erstaunen müssen. Das schöne Gravitations-Gesetz: »die Anziehungskraft nimmt im Verhältniß der Quadrate ihrer Entfernungen ab,“ wurde damals von ihm entdeckt. Fallen auch die Gesetze über die Schwere der Naturlehre ungleich weniger, als der Sternkunde und der mathematischen Geographie, anheim; so werde ich später doch nicht unterlassen, euch über sie noch Einiges mitzutheilen.

»3. Den Druck, welchen ein Körper auf seine Unterlage ausübt, belegen wir mit dem Namen Gewicht.« Da alle Theile ein gleiches Bestreben haben, sich der Erd-Oberfläche zu nähern; so muß auch

mit der Menge derselben das Gewicht zunehmen. Unsere Maße zur Bestimmung des Körperdrukkes sind bekannt; bei den Franzosen dient das Gramm, oder der millionste Theil von der Schwere eines Kubikmeters reinen Wassers zur Einheit des Gewichtes. 1000 Gramm geben ein Kilogramm. Wer endlich weiß, daß ein Kubikzoll destillirtes Wasser $1^2/_9$ preußisches Loth wiegt, und daß 1 preußischer Fuß 0,313853.. Meter ausmacht, muß berechnen können, wie viel Gramm oder Kilogramm auf ein Pfund, einen Centner u. s. w. gehen.

§. 7.

Die Trägheit oder das Beharrungsvermögen der Körper.

So lange wir auch auf meine kleine eiserne Kugel hinblikken mögen; nie werden wir bemerken, daß sie gleichsam Lust habe, ihren einmal angenommenen Standpunkt zu verändern. Wie ich sie aber anstoße, rollt sie auf dem Fußboden dahin, und würde jedenfalls, träten ihr nicht gewisse Kräfte feindselig in den Weg, nie mehr zu laufen aufhören. Der Luftdruck und die Unebenheit der Bahnfläche kommen hierbei am meisten in Betracht. Wie besonders die zuletzt bezeichnete Ursache wirkt, können wir uns dadurch veranschaulichen, daß wir mehrere völlig mit einander übereinstimmende Kugeln auf verschieden glatten Flächen dahinrollen lassen. Immer kommt diejenige Kugel, welche ihre Bahn auf der glättesten Fläche angewiesen erhalten hat, am spätesten in ihre frühere Ruhe zurück. Dieselbe Erscheinung nehmen wir bei allen übrigen Körpern mehr oder weniger wahr. Und so erklären wir es denn für eine allgemeine Eigenschaft, »daß ein ruhender Körper ewig ruhen, ein bewegter ewig sich bewegen würde, wenn nie eine fremde Kraft feindlich auf sie einwirkte,« und nennen ferner das Naturgesetz, welches auf dieser Eigenschaft beruht, die Trägheit oder das Beharrungsvermögen der Körper.

Daß der frei gehaltene obere Theil unseres Leibes rückwärts schwankt, wenn der Wagen, in welchem wir sitzen, plötzlich fortgezogen wird; daß er, gerade umgekehrt, nach vorn sich neigt, wenn derselbe schnell zur Ruhe übergeht; daß wir leicht umfallen, wenn ein geschwind segelndes Schiff, in dessen innerm Raume wir stehen, ans Ufer stößt; daß wir entweder in oder über einen Graben springen müssen, wenn wir ganz dicht an denselben gelaufen sind; daß das Pendel, wenn es seinen Bogen vom Aufhebepunkte bis zur Vertikal-Linie vollendet hat, nach oben steigt; daß die Weltenkörper, von des Schöpfers Allmachtshand in den unermeßlichen Raum geschleudert, in ununterbrochener Bewegung verharren: alle diese und noch unzählig viel andere Erscheinungen offenbaren uns so recht deutlich, in welcher Weise die Trägheit oder das Beharrungsvermögen der Körper wirkt.

Hier liegen mehrere sehr sauber gearbeitete Platten mit parallelen Oberflächen; es sind die Steine des bekannten Damenspiels. Ich lege sie sämmtlich auf einander, bilde so eine ziemlich hohe, vertikal stehende Säule, und bemühe mich dann, die eine Platte vermittels eines Messers langsam fortzuschieben. Allein es stürzt ungeachtet der größten Vorsicht die ganze Säule zusammen. So baue ich sie denn zum zweiten Male auf. Nachdem ich ferner die Schärfe meines Messers so, wie vorhin, an eine Platte gelegt habe, schlage ich so kraftvoll, aber auch so sicher zu, als mir es irgend möglich ist. Und sehet! die

Säule steht, ungeachtet jene Platte herausgesprungen ist, noch immer ruhig da; höchstens haben sich diejenigen beiden Platten, welche dem fortgeschleuderten Steine zunächst lagen, etwas auf die Seite gerückt. — Auf den Hals einer gewöhnlichen Bierflasche lege ich ein neues Kartenblatt, dann auf dieses, und zwar genau über der Mündung jenes Gefäßes, ein kleines Stück Geld. Indem ich nun das Kartenblatt, wie vorhin die eine Platte des Damenspiels, schnell, geschickt und mit Kraft anschlage, fährt es unter dem Pfennige, dem Silbergroschen u. dgl. fort, so daß das Geld in die Flasche fällt. — Daß die beiden Fäden, an welche ich hier einen Pfeifenstiel gehängt habe, zuletzt zerreißen, wenn ich ihnen allmälig immer mehr zu tragen gebe, ist nichts weniger, als auffallend; daß sie aber ganz bleiben, wenn der Pfeifenstiel vermittels eines heftigen Schlages zerbricht, hält gewiß Mancher für eine räthselhafte Erscheinung. — Noch habe ich hier eine weiche Thonkugel. Berühre ich sie vorsichtig; so kann ich sie fortschieben, ohne daß sie einen tiefen Eindruck erleidet: gebe ich ihr hingegen einen heftigen Stoß; so fährt mein Finger bedeutend in ihre Masse, ohne sie selbst erheblich fortzuführen. — »Daß der Zusammenhang der Theile einer allmälig wirkenden Kraft besser, als einer plötzlich eintretenden, widersteht; oder daß bei einem sehr schnellen Stoße die Losreißung der unmittelbar getroffenen Theile schon erfolgt ist, ehe derselbe den angrenzenden Theilen mitgetheilt werden kann,« ist kurz Dasjenige, was wir uns aus den obigen Versuchen zu entnehmen haben.

Bisher führte uns meist eine recht schnelle Bewegung zum Ziel; unter andern Umständen aber kann gerade sie alle unsere Wünsche und Absichten vernichten. Wer hätte z. B. wol noch nicht gesehen, daß die Strikke gewöhnlich reißen, wenn die Pferde vor einem schwer beladenen Wagen plötzlich angetrieben werden? oder daß der Schlüsselbart in einem verrosteten Schlosse fast immer abbricht, wenn man gleich anfangs auf ihn alle seine Kräfte verwendet? Nur eine recht langsame Bewegung ist hierbei empfehlenswerth.

Nach dem Allen, was ihr theils gehört, theils gesehen habt, kann es euch unmöglich noch länger befremden, daß eine abgeschossene Kugel stets ein rundes Loch in eine Glasscheibe macht; daß der Riß eines scharf gefalteten Papierbogens nur dann, wenn er die Theile äußerst schnell von einander trennt, längs der Kante hinläuft; daß Maurer auf ihrer Hand Steine zerschlagen können, ohne sich dabei wehe zu thun; daß wir keinen geringen Schmerz fühlen, wenn wir die breite Seite unserer Hände kräftig auf einen Wasserspiegel fallen lassen; daß wir den Hammer oder das Beil an seinem Stiele befestigen, wenn wir auf den letztern einen Schlag ausüben, oder mit dem freien Ende desselben gegen eine Wand stoßen, u. s. w.

Schließlich nur noch einige Worte über die Ausdehnbarkeit und die Zusammendrückbarkeit (Compressibilität) der Körper. — Beide werden nicht selten den allgemeinen Eigenschaften beigezählt und richten sich hauptsächlich nach dem Einflusse des Drukkes und der Wärme: »je mehr nämlich der Druck ab- und die Wärme zunimmt, desto größer erscheint auch das Volumen der Körper.« — Eine mit Luft angefüllte Blase, die sich zusammendrükken läßt, und, auf einen erwärmten Ofen gelegt, wieder ausdehnt; eine eiserne Kugel, die wol bei der gewöhnlichen Temperatur, nicht aber, wenn sie etwa bis zum Rothglühen erhitzt worden ist, in einen Ring

paßt; ein Badschwamm, dessen Volumen, wie überhaupt eines jeden lokkern Gewebes, bis auf die Hälfte, das Drittel, Viertel, Fünftel u. s. w. verringert werden kann; Münzen und Medaillen, die, wenn sie vermittels eines heftigen Stoßes ihr Gepräge erhalten, gleichfalls an Größe verlieren u. s. w., mögen uns vorläufig lehren, wie es mit den beiden genannten Eigenschaften steht. Uebrigens leiten sie uns fast unwillkürlich auf die Porosität zurück; »denn wie könnten wir wol einen Körper zusammenpressen, der eine vollkommene Dichtigkeit besäße?« Die tropfbaren Flüssigkeiten sind ungleich weniger zusammendrückbar, als feste Körper. So berstet z. B. ein Kanonenlauf mit 3 Zoll dikken Wänden eher, als wir das Wasser in ihm auf $^{9}/_{200}$ seines Volumens gebracht haben. Gerade umgekehrt verhält es sich mit der Luft und den andern Gasen.

Zweiter Abschnitt.

Die Bewegung und das Gleichgewicht fester Körper.

---

§. 1.

Die Ruhe und die Bewegung fester Körper im Allgemeinen.

Ihr seht in unserer Schulstube außer vielen andern Dingen einige Pulttische, zwei Tafelgestelle und einen Schrank; ihr wißt ferner, daß die Vögel von Baum zu Baum fliegen, die Schiffe auf dem Wasser, die Wagen auf den Landstraßen dahinfahren u. s. w.: »in welchem Zustande befinden sich wol jene, in welchem andern diese Gegenstände?« Erstere, die in ihrer Lage verharren, **ruhen**; hingegen Letztere, welcher dieselbe, wenigstens gegen gewisse Körper, ändern, **bewegen** sich. Daß jedoch die Pulttische, die Tafelgestelle und der Schrank keineswegs in vollkommener Ruhe sind, lehrt euch am besten die einfache Betrachtung, daß sie mit dem Schulhause zugleich auf der Erde stehen, welche sich sowol um sich selbst, als auch um die Sonne bewegt. Ihre Ruhe ist daher nur eine scheinbare oder relative; eine wirkliche oder absolute Ruhe würde sie dann sein, wenn die Pulttische, Tafelgestelle u. s. w. zu allen Punkten im großen Weltenraume ihre Lage unveränderlich beibehielten. Solche Körper aber, die im strengsten Sinne des Wortes ruhen, giebt es nicht; in der Welt ist vielmehr Alles Bewegung und Leben.

Wie wir eine relative und eine absolute Ruhe unterscheiden, so auch eine relative und eine absolute Bewegung. — Wer je in einem Schiffe oder Wagen schnell dahinfuhr, beobachtete wol auch, wie die Ufer, Häuser, Bäume u. dgl. einherzulaufen schienen. »Ist Das nicht sonderbar?« Merket! »Jede Bewegung, die nur mit Rücksicht auf solche Punkte stattfindet, welche selbst nicht sicher ruhen, wird eine **relative** genannt.« Wollt ihr euch endlich einen klaren Begriff von der **absoluten** Bewegung verschaffen: so stellet euch zuvörderst einen Raum vor, der wirklich ruht; hierauf einen Körper, der, mit jenem Raume verglichen, seine Lage ändert! Angenommen, unsere Erde stehe still; dann sehen wir in einem Menschen, der auf einem Schiffe genau so weit zurückgeht, als dasselbe vorwärts fährt, einen Gegenstand, der sich in absoluter Ruhe und relativer Bewegung zugleich befindet.

Nachdem ihr wißt, wie es sich mit der relativen und der absoluten Ruhe und Bewegung verhält, habe ich eure Aufmerksamkeit nur noch auf folgende zwei Pünkte zu lenken:

1. Wir sind fast immer geneigt, die Entscheidung, ob irgend ein Körper ruhe, oder sich bewege, für leicht zu halten. Und doch ist gerade sie schwer. »Oder haben wir vielleicht noch niemals da, wo Ruhe herrschte, Bewegung, und, umgekehrt, an einem andern Orte, wo Bewegung stattfand, Ruhe wahrgenommen? Wie verhielt es sich z. B. mit sämmtlichen Gegenständen in eurer Nähe, als ihr euch einst auf einem Absatze des Stiefels schnell herumdrehtet? wie ferner mit dem Monde, den ihr hinter einem unterbrochenen Gewölke beobachtetet? wie weiter mit der Sonne, die ihr schon so oft im Osten auf- und im Westen untergehen sahet? wie endlich mit allen Gegenständen am Ufer, auf die ihr aus der Kajüte eines Schiffes, das mit bedeutender Geschwindigkeit fortsegelte, eure Blikke richtetet?«

2. Wer untersuchen will, ob sich die Erde wirklich sowol um sich selbst, als auch um die Sonne bewege, muß offenbar auf solche Gegenstände hinblikken, die mit ihm in keiner unmittelbaren Verbindung stehen; ja blos aufmerksame Betrachtungen über die Sonne und die unzähligen Sterne können ihn überzeugen, daß nur die Erde fortrollt, und daß mit Rücksicht auf sie alle jene großen Körper den Gegenständen zu vergleichen sind, die er schon so oft an beiden Ufern eines schiffbaren Flusses, ungeachtet sie fest stehen, einherwandeln sah.

§. 2.

Die verschiedenen Arten der Bewegung.

Wer die verschiedenen Arten der Bewegung kennen und bestimmen lernen will, hat seine Blikke auf die drei Begriffe: Weg, Zeit und Geschwindigkeit zu richten:

»1. Der Raum, den irgend ein Körper durchläuft, heißt dessen Weg. Ist ferner der Gegenstand, welcher sich bewegt, nur ein Punkt: so beschreibt er auch blos eine Linie, und zwar eine **gerade**, wenn er von der Richtung, die er einmal angenommen hat, nicht abweicht; hingegen eine **krumme**, wenn Dies der Fall ist.«

»2. Jede Bewegung erfordert eine gewisse Dauer; denn es ist unmöglich, daß irgend ein Körper in demselben Augenblick auf 2 oder mehrern verschiedenen Punkten seiner Bahn sich befinde. Eben diese Dauer wird Zeit genannt.« —

»3. Aus dem Vergleiche des Weges, den ein Körper zurückgelegt, und der Zeit, welche er auf denselben verwandt hat, erhalten wir die Vorstellung von der innern Größe seiner Bewegung oder von seiner Geschwindigkeit.«

Zufolge vielfacher Beobachtungen, die Einige hierüber angestellt haben, legt in einer Sekunde eine Schnekke ungefähr $1/_{200}$, ein Fußgänger 5, ein mäßiger Wind 10, ein schnell segelndes Schiff 14, eine Locomotive auf Eisenbahnen 30, ein Sturm 50, ein Adler 90, eine Brieftaube 110, ein Orkan 120, ein Schall bei 10 Graden Wärme nach Réaumur 1024, eine Büchsenkugel höchstens 1500, eine große Kanonenkugel über 2000 Fuß u. s w. zurück. — Für die Einheit der Geschwindigkeit nehmen wir die Bewegung durch einen

Fuß in einer Sekunde an; es sagt mithin der Ausdruck: »die Geschwindigkeit eines englischen Wettrenners ist sechzig,« daß derselbe in einer Sekunde 60 Fuß durchläuft.

Die Körper legen ihren Weg auf sehr mannigfaltige Art zurück: wie ganz anders bewegt sich z. B. eine Kugel auf der Kegelbahn, als ein Stein, der vom Thurme herabfällt! wie völlig verschieden dieser wieder, als ein Pendel, das durch ein Uhrwerk regiert wird! Merket!

»1. Legt ein Körper in gleichen Zeittheilchen auch gleiche Wege zurück, bleibt mithin seine Geschwindigkeit immer dieselbe; so nennen wir die Bewegung **gleichförmig.**« — Das einzige bekannte Beispiel einer gleichförmigen Bewegung ist die Bewegung der Erde um sich selbst; wenigstens kommt dieselbe der bezeichneten Bewegung so nahe, daß wir nicht im Stande sind, bei ihr eine erhebliche Abweichung nachzuweisen. Der gleichförmigen Bewegung ist die ungleichförmige entgegengesetzt. »Wie steht es also mit dieser?« Erwäget hierbei wohl, daß auf meine Frage 2 Antworten gegeben werden können!

»2. Durchläuft ein Körper in jedem folgenden gleichen Zeittheilchen einen immer größern Raum, so erhält diese seine ungleichförmige Bewegung den Namen **beschleunigt** oder **accelerirt.**« — »Was für eine Bewegung ist nun wol unter einer **verzögerten** oder **retardirten** gemeint? und wer weiß ferner solche Körper anzugeben, die sich nicht selten bald in der beschleunigten, bald in der verzögerten Bewegung befinden?«

»3. Die Bewegung heißt **stetig** oder **gleichförmig beschleunigt,** wenn sie in jedem folgenden, selbst noch so kleinen gleichen Zeittheilchen im Wachsen begriffen ist.« — Wie es eine stetig beschleunigte Bewegung giebt, so auch eine **stetig** oder **gleichförmig verzögerte.** Ein frei herabfallender Körper veranschaulicht jene, ein senkrecht in die Höhe geworfener diese Bewegung. Erfolgen die Veränderungen nicht in unmerklichen Uebergängen, so ist die Bewegung in dem **einen** Falle **ungleichförmig beschleunigt,** in dem andern **ungleichförmig verzögert.**

Wie es mit eigenen und gemeinschaftlichen, einfachen und zusammengesetzten, freien und unfreien (letztere heißen gewöhnlich Bewegungen auf vorgeschriebenem Wege), drehenden, bebenden Bewegungen u. s. w. steht, wird später allmälig mitgetheilt werden.

Jede Bewegung setzt übrigens eine Kraft voraus: wie diese zu- oder abnimmt, so auch die Geschwindigkeit. Da aber Letztere auch durch das größere oder geringere Volumen der Körper bedingt wird; so ist es um so nöthiger, auch für die Kraft ein Maß zu bestimmen. Merket! Wir nennen diejenige Kraft, welche da sein muß, um **ein** Pfund mit **einem** Fuß Geschwindigkeit zu heben, die **Einheit** oder das **Maß der Kräfte.**

§. 3.

Die gleichförmige Bewegung der Körper.

Gesonnen, heute die gleichförmige Bewegung näher zu beleuchten, fordere ich euch zuvörderst auf, an nachfolgenden Beispielen genau zu untersuchen, wie sich bei ihr Weg, Zeit und Geschwindigkeit zu einander verhalten!

Erstes Beispiel. Der eine Bote legt in 8 Stunden nur 4 Meilen, ein anderer in derselben Zeit aber 6 Meilen zurück: »wie steht es unter solchen Umständen mit ihren Geschwindigkeiten?« Diese müssen sich, weil beide Boten gleich lange gelaufen sind, wie 4 Meilen zu 6 Meilen, folglich wie 4 zu 6, oder wie zu 2 zu 3, zu einander verhalten.

Zweites Beispiel. Ein geschickter Schlittschuh-Läufer flog in 20 Minuten 18 Tausend Fuß auf dem Eise dahin; ein Schlitten, der ihn stets begleiten sollte, erreichte aber erst nach 30 Minuten jenes auch ihm gesteckte Ziel: »welche Zahlen deuten nun wol das Verhältniß der beiden Geschwindigkeiten an?« Zwar auch 20 und 30, mithin wieder diejenigen Zahlen, welche uns die Zeit angeben, die der Läufer und der Schlitten gebraucht haben; allein hier im umgekehrten Verhältnisse.

Drittes Beispiel. Ein englischer Wettrenner machte in 4 Sekunden 360 Fuß, eine zur höchsten Anstrengung getriebene Stubenfliege in 2 Sekunden 270 Fuß; »wer sagt mir nun, wieviel Mal so geschwind letztere, als ersterer, war, und wie wir auch hier aus den gegebenen Zahlen das zu suchende Verhältniß finden können?« Die Stubenfliege war gerade anderthalb Mal so geschwind, als der Wettrenner; denn sie legte in 1 Sekunde $^{270}/_{2} = 135$, er aber während derselben Zeit nur $^{360}/_{4} = 90$ Fuß zurück. $135 = 1\frac{1}{2}$ Mal 90. Es zeigen uns mithin die Quotienten $^{270}/_{2}$ und $^{360}/_{4}$, die aus den gegebenen Zahlen gebildet sind, das zu erforschende Verhältniß an.

Diese drei Beispiele lehren euch eben so viel Allgemeinsätze kennen; dieselben lauten:

»1. Die Geschwindigkeiten verhalten sich, wenn die Zeiten gleich sind, wie die zurückgelegten Wege zu einander.

»2. Bei gleichen Räumen stehen sie mit den Zeiten, die auf jene verwandt worden sind, im umgekehrten Verhältnisse.

»3. Sind sowol die Wege, als auch die Zeiten ungleich; so geben uns diejenigen Quotienten, welche wir erhalten, wenn wir die zurückgelegten Wege mit den auf sie verwandten Zeiten dividiren*), ihr gegenseitiges Verhältniß an.

Wie ich bisher nach den Geschwindigkeiten gefragt habe, sollte ich euch nun weiter: 1. die durchlaufenen Räume und 2. die verflossenen Zeiten finden lassen; allein alle hierher gehörigen Aufgaben sind so überaus einfach, daß ich annehmen darf, ihr werdet sie auch ohne meine Hülfe lösen können. Ich übergehe sie daher, und spreche schließlich nur den Satz aus, der euch auf den Zusammenhang zwischen Weg, Zeit und Geschwindigkeit verweist:

»Der Weg eines gleichförmig fortlaufenden Körpers ist der Zeit proportional;« mithin finden wir ihn, wenn wir die Geschwindigkeit mit derjenigen Zeit multiplizieren, welche auf ihn verwandt worden ist.

---

*) Es versteht sich wol von selbst, daß wir bei dem letztern Ausdruck, gegen dessen Bestimmtheit sich allerdings Einwendungen machen lassen, nur an die Zahlen zu denken haben, deren eine die Länge des Weges und deren andere die Dauer der Zeit angiebt. Obige 3 Sätze bleiben übrigens auch dann noch richtig, wenn wir anstatt Geschwindigkeit Kraft gebrauchen.

Bezeichnet s den Weg, t die Zeit und c die Geschwindigkeit; dann ist

$$\text{I. } s = tc; \quad \text{II. } t = \frac{s}{c} \text{ und III. } c = \frac{s}{t}.$$

Der andere Theil der gleichförmigen Bewegung verbreitet sich über solche Fälle, bei denen sich ein Körper in der nämlichen Zeit in zwei oder mehrern Bewegungen befindet. Schiffe, die stroman, oder auch nach der Mitte des Flusses segeln; papierne Drachen, die wir im Freien emporsteigen lassen; Billardkugeln, die von 2 Personen zu gleicher Zeit nach verschiedenen Richtungen hin gestoßen werden u. s. w., geben uns vielfach Gelegenheit, die in Rede stehenden Bewegungen zu beobachten. Erwäget nur vor Allem nachfolgende Beispiele mit Aufmerksamkeit!

Erstes Beispiel. Ein Kahn segelt mit der Geschwindigkeit von 500 Fuß in einer Minute dahin; ein Mann ferner, der bis jetzt ganz ruhig bei der Kajüte gestanden hat, legt während derselben Zeit den 80 Fuß langen Weg bis zum Mastbaume zurück; »um wie viel Fuß ist wol Letzterer bei seiner Wanderung wirklich vorwärts gekommen?« Um 580 Fuß; denn er vollendete ja nach derselben Richtung hin außer den 500 Fuß, die er mit dem Schiffe zugleich machte, noch 80 Fuß.

Zweites Beispiel. »Wie würde es aber mit der Größe seiner Bewegung gestanden haben, wenn er, gerade umgekehrt, vom Mastbaume bis zur Kajüte hin gegangen wäre?« Nun dann hätte er offenbar 500 — 80, also nur 420 Fuß, in einer Minute gemacht.

Diese beiden Beispiele reichen wol aus, euch von der Wahrheit zweier Sätze, welche sich auf die Bewegungen in einer und derselben Richtungslinie beziehen, zu überzeugen; bevor ich sie aber ausspreche, erinnere ich euch nochmals daran, daß die Ausdrücke Kraft und Geschwindigkeit gleichbedeutend sind!

»1. Wirken die Kräfte nach **einer** oder derselben Richtung hin; dann kommt der Körper mit derjenigen Geschwindigkeit vorwärts, welche der Summe der einzelnen Kräfte gleich ist.

»2. Sind sie aber einander entgegengesetzt: so ruht er entweder, wenn sie eine gleiche Größe besitzen; oder er kommt, und zwar nach der Richtung hin, in welche ihn die ansehnlichere Kraft versetzt hat, mit einer solchen Geschwindigkeit vorwärts, die als der Unterschied der beiden ursprünglichen Geschwindigkeiten dasteht.

Wer sich die zuletzt ausgesprochene Behauptung recht klar machen will, zerlege die größere Kraft so in 2 Theile, daß der eine Theil der entgegengesetzten Kraft genau gleich kommt, also durch dieselbe aufgehoben wird. Die Bewegung steht dann offenbar als eine Wirkung von der andern Theil- oder von der Unterschiedskraft der beiden ursprünglichen Kräfte da.

Hat ein Körper mehr Bewegungen, als zwei, jedoch alle nach derselben Richtung hin (es kann z. B. ein Punkt auf einer Linie, diese in einer Fläche, die Fläche in einem Körper, letzterer in einem größern Raume, als er selbst einnimmt, u. s. w. fortrükken); so brauchen wir allerdings eine längere Zeit, um seine wahre Bewegung kennen zu lernen: allein unsere Arbeit ist keine neue; sie wiederholt sich vielmehr nur, bleibt also eigentlich immer dieselbe. Ganz anders verhält es sich, wenn die Richtungslinien verschieden sind oder unter

einem Winkel zusammenstoßen. Zur Erläuterung dieses Falles diene die hier beigefügte Figur 1. — Der Punkt a stelle den Körper vor, dessen Geschwindigkeit wir erforschen wollen; ax ferner die **eine** und ay die andere Richtung, welche ihm durch 2 verschiedene Kräfte gegeben werden. Gesetzt nun, es brächte ihn die **eine** Kraft etwa in einer Minute bis b, die andere in derselben Zeit bis c hin; so dürften wir nur, um zunächst den Ort zu finden, wo er am Ende jener Zeit eingetroffen wäre, br parallel mit ac, cr parallel mit ab, und ar, die Diagonale des hierdurch entstandenen Parallelogrammes $abrc$, ziehen. Der Punkt r bestimmt uns offenbar den zu suchenden Ort; denn es rückt ja auch die Linie ab, während sich unser Körper von a nach b bewegt, gleichförmig fort, legt genau in derselben Zeit den Weg ac zurück und ist so zuletzt in die Lage von ar übergegangen. — In der Figur 2 bezeichne A den Punkt an dem Ufer eines

Fig. 1.

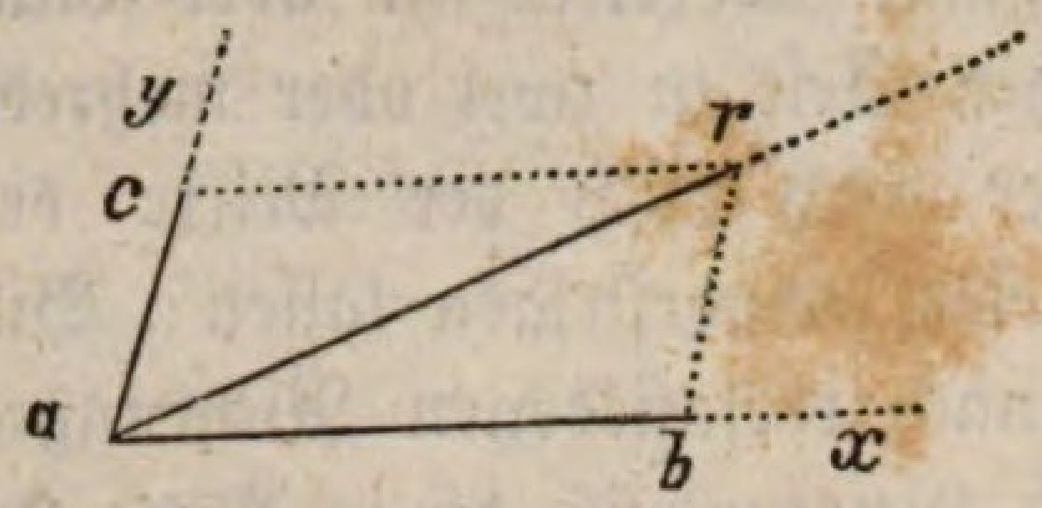
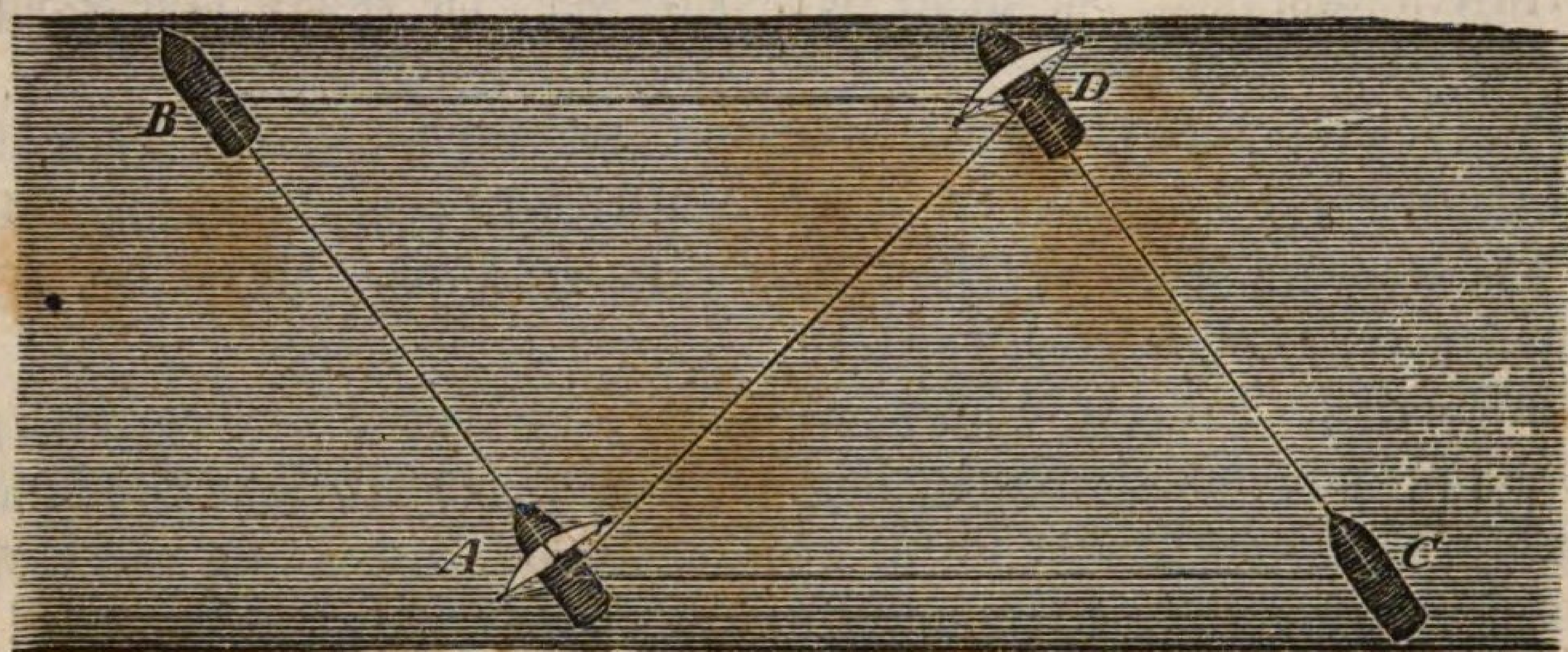
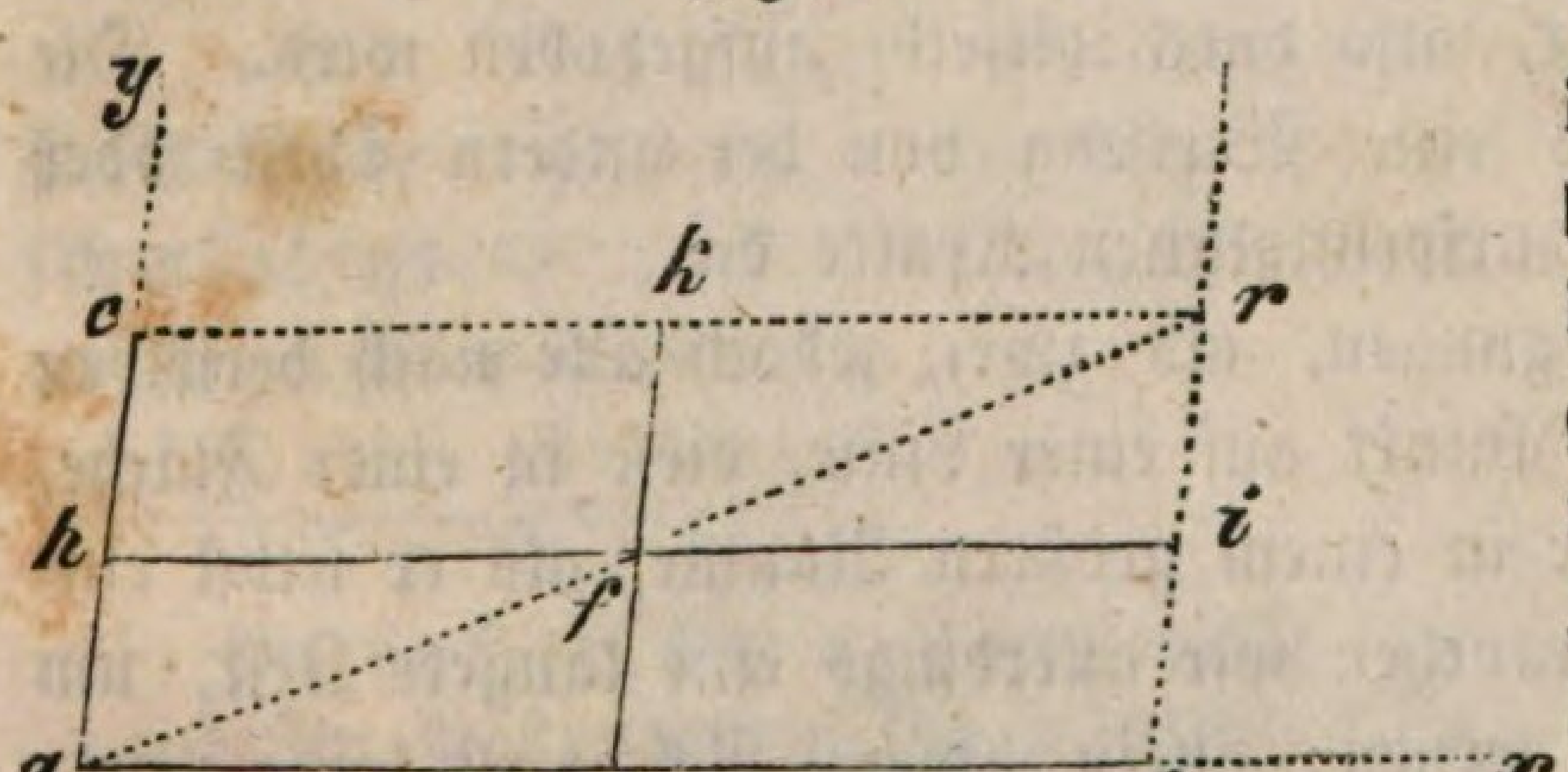


Fig. 2.



Flusses, von dem so eben ein Schiff abfährt; AB ferner den **einen** Weg, welchen es kraft des Windes, und AC den andern, den es blos durch die Einwirkung des Stromes in einer bestimmten Zeit, etwa in einer Viertelstunde, zurücklegt. Nehmen wir nun an, daß es von dem Winde und dem Strome zugleich fortgetrieben wird; so muß es auch während der festgesetzten Zeit den Weg von A nach D durchlaufen, d. h. am Ende einer Viertelstunde so in D ankommen, als ob es eine Viertelstunde lang 1. blos von dem Winde, und 2. allein durch den Strom bewegt worden wäre. — »Wo aber treffen wir unsern Körper wol dann an (betrachtet dabei die Figur 3!), wenn er gerade die Hälfte seines Weges zurückgelegt hat?« ganz bestimmt in f, d. h. genau in der Mitte der Diagonale ar. In dem Augenblicke nämlich, da der Körper auf der Hälfte seines Weges, scheinbar in b, angelangt ist, hat auch die Linie ae die Hälfte von ac zurückgelegt, und es stellt mithin hi ihre jetzige

Fig. 3.



Lage und unter andern *f* den Punkt *b* vor. Was ihr hierbei vorzugsweise beachten müßt, ist der wichtige Umstand, daß *f*, der neue Ort unseres Körpers, in der Diagonale *ar* liegt. »Veranschaulicht euch nun selbst, wo ihr den Körper am Ende des ersten Drittels, Viertels, Fünftels u. s. w. seines Weges zu suchen habt!« Auch jeder dieser neuen Punkte gehört der Diagonale *ar* an. Mehr bedarf es wol nicht, euch zu überzeugen, daß sich der Körper bei seiner Fortbewegung stets in der Diagonale *ar* befindet, und daß es also nur diese Linie ist, auf der er unserer Voraussetzung zufolge seinen Weg zurücklegt, und welche uns zugleich diejenige Geschwindigkeit kennen lehrt, in welche ihn die beiden Kräfte versetzt haben.

Noch theile ich euch Folgendes mit:

»1. Es ist völlig einerlei, ob wir sagen, der Körper *a* habe die beiden Geschwindigkeiten *ae* und *ac*, oder er bewege sich in der Richtung von *ar* dahin.« Eben so verstehen wir unter *ae*, *ac* und *ar* bald das Maß der Geschwindigkeiten, bald die Wege, welche er in gleichen Zeiten gleichförmig vollendet.

»2 Wir können nicht nur jede zwei Bewegungen der bezeichneten Art in **einer** Linie, sondern auch, gerade umgekehrt, jede einzelne Bewegung in **zwei** Linien darstellen:« *ae* und *ac* gehen nach unserm Beispiel in *ar*; *ar*, was eben so klar vorliegt, in *ae* und *ac* über. Ueber den letzten Fall drükken wir uns wol auch so aus: die gegebene Kraft wird in andere Kräfte zerlegt. Wie nothwendig es übrigens ist, eine Kraft als das Resultat zweier oder mehrerer Kräfte zu betrachten, zeigt uns gar manche Erscheinung, die wir zu erläutern haben.

»3. Je spitzer der Winkel ist, unter dem die Richtungslinien zusammenstoßen; desto länger ist die Diagonale des Parallelogramms, desto beträchtlicher die Geschwindigkeit oder die Größe der Bewegung.« — »Beweiset durch einige Figuren auf unserer Wandtafel die Richtigkeit auch dieser Behauptung!«

»4. Sind irgend einem Körper mehr Geschwindigkeiten, als 2, beigelegt worden, wirken also 3, 4, 5 oder noch mehr Kräfte auf ihn ein; so findet ihr den Weg, den er wirklich zurücklegt, dadurch, daß ihr wiederholt je 2 und 2 Kräfte zu **einer** Kraft vereinigt.« — Ein Beispiel möge euch Dies deutlicher machen. — *ab*, *ac* und *ad* seien die 3 Kräfte, die irgend einen Körper von einerlei Angriffspunkte aus nach eben so verschiedenen Richtungen hin fortzubewegen suchen. Um nun die resultirende, d. h. diejenige Kraft, welche als das Ergebniß aller einzelnen Kräfte dasteht, zu finden, müsset ihr 1. die Kräfte *ab* und *ac* in einer Kraft (wir wollen sie *af* nennen), und 2 eben so die Kräfte *af* und *ad* wieder nur in einer Kraft (letztere heiße *ag*) darstellen. »Wer entwirft mir nun auch hierzu eine geeignete, das Ganze klar erläuternde Figur?«

Wie es schließlich mit der Bewegung eines Körpers dann steht, wenn die wirkenden Kräfte verschiedene Angriffspunkte wählen, werdet ihr bei der Betrachtung des Hebels erfahren.

§. 4.

Die gleichförmig beschleunigte und die stetig verzögerte Bewegung der Körper.

a. Die gleichförmig beschleunigte Bewegung.

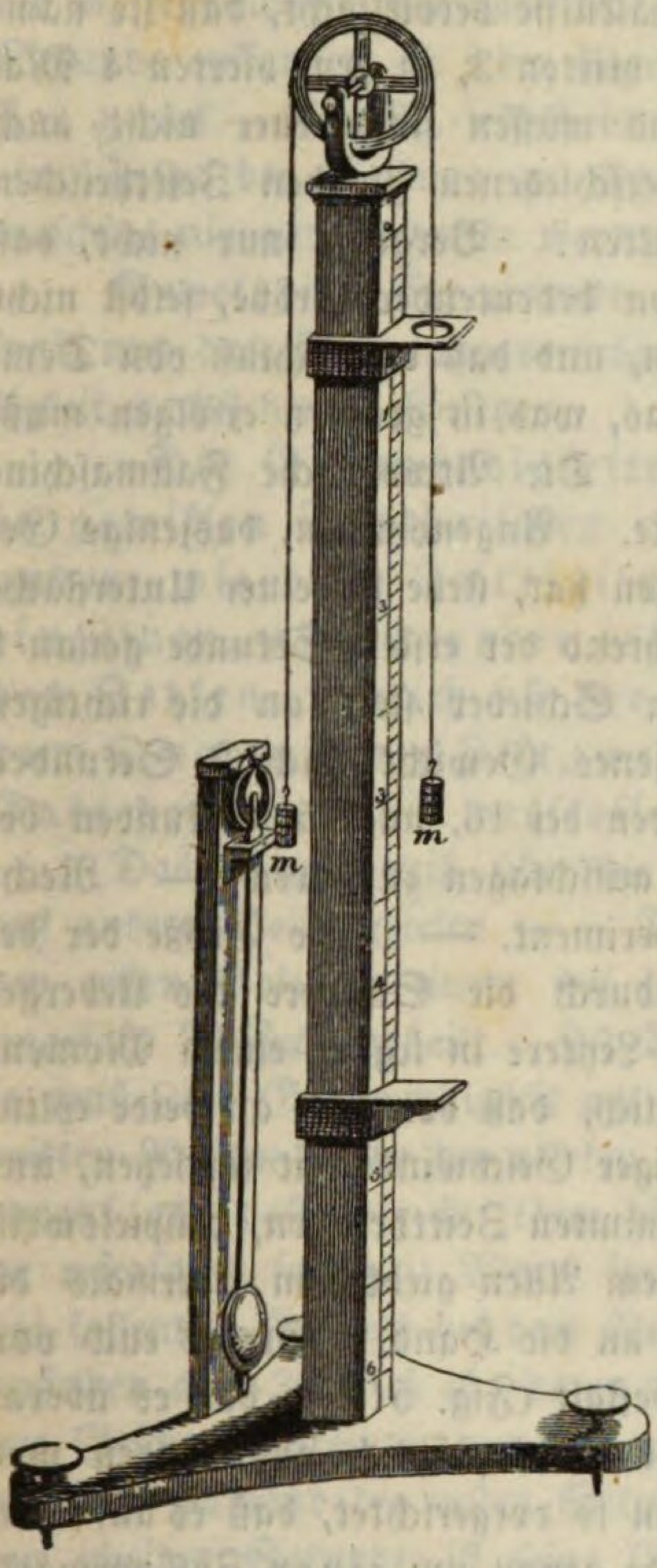
Unter den mancherlei Bewegungen, in denen sich die verschiedenen Körper befinden können, ist es besonders die stetig oder gleichförmig beschleunigte Bewegung, deren Gesetze weder leicht zu entdekken waren, noch schnell zu begreifen sind. Nun aber sollt ihr heute gerade sie näher kennen lernen.

Ihr seht hier zuvörderst eine bleierne Kugel. Während ich dieselbe 2, 3, 4 Mal in verschiedenen Entfernungen auf meine Hand fallen lasse, überzeuge ich mich, daß sie einen um so bedeutendern Schlag ausübt, je länger der Weg ist, den sie von ihrem ursprünglichen Orte aus bis zu meiner Hand hin zurückgelegt hat. »Wäre es wol räthlich, die Kugel selbst dann noch aufzufangen, wenn sie von einem Thurme, überhaupt von einer sehr ansehnlichen Höhe, herabfiele?« Ihr verneint es, indem ihr befürchtet, daß die Kugel bei einem solchen Falle euch leicht die Hand durchbohren könnte. So merket denn! »Die Heftigkeit des Schlages hängt von der Größe der erlangten Geschwindigkeit ab; diese ferner von der Höhe, aus der irgend ein Körper heruntergefallen ist.« — Auf die Frage, obwol auch Federn, Strohhälmchen, Papierschnitzel und andere, ihnen ähnliche Körper, die wir gewöhnlich gleich langsam der Erde sich nähern sehen, dem so eben ausgesprochenen Gesetze unterworfen seien, antworte ich euch, daß es allerdings der Fall ist, und daß allein die Luft sie verhindert, in die Geschwindigkeit überzugehen, welche sie ohne jenen Widerstand erreichen würden. »Nur von solchen Körpern, die in einem luftleeren Raume fallen, überhaupt gar keinen Widerstand erleiden, ist hier die Rede; blos auf sie bezieht sich sowol obiges, als auch jedes nachfolgende Gesetz.«

Um die Gesetze der stetig beschleunigten Bewegung, oder, wie ich mich gewöhnlich ausdrükken werde, des freien Falles der Körper, aufzufinden, haben wirklich einige Männer (ich nenne nur den großen Galiläi) in den verschiedenen Stockwerken hoher Thürme Beobachter aufgestellt und dann fast von der Spitze derselben zu einer genau bestimmten Zeit mehrere Kugeln herabfallen lassen; allein die große Geschwindigkeit, welche die Kugeln unter solchen Umständen sehr bald erreicht hatten, verhinderte die Beobachter jedes Mal, den Augenblick zu erforschen, in welchem sie bei ihnen anlangten. Ungleich besser zu diesem Zweck eignet sich die Atwood'sche Fallmaschine; nur sie macht es uns möglich, jeden Körper beliebig schnell, oder langsam fallen zu lassen. Bei ihr seht ihr zuvörderst eine Rolle (Fig 4.), die sich um eine horizontale Achse leicht dreht und an dem obern Ende einer senkrecht stehenden, ungefähr 7 Fuß hohen Säule befestigt ist; ferner eine Schnur, welche über sie hinwegläuft und an ihren Enden durch zwei gleiche cylindrische Gewichte, *m*, gespannt wird. Vorausgesetzt, die Schnur besitze eine fast unmerkliche Schwere, und die Rolle werde bei ihrer Umdrehung äußerst wenig gehemmt (ganz kann die Reibung nicht auf-

gehoben werden), muß selbst der geringste Stoß, den wir dem einen oder dem andern Gewichte ertheilen, beide Cylinder in eine gleichförmige Bewegung versetzen. Stellet euch nun weiter vor, wir legten auf den einen Cylinder ein Metallstäbchen! nie kann dasselbe sinken, ohne daß beide Gewichte an seiner Bewegung theilnehmen. Wie Dies, leuchtet auch wol der hier vorzugsweise zu beachtende Umstand Jedem genügend ein, daß dasjenige Gewicht, welches das Metallstäbchen trägt, dem Boden desto schneller zueilt, je bedeutender wir es belastet haben. Wir können mithin die Bewegung willkürlich verzögern oder beschleunigen. Nehmen wir beispielsweise an, es sei das Stäbchen nur ein, jeder der beiden Cylinder aber 7 Loth schwer; dann muß die bewegende Kraft, weil sie nun nicht mehr auf das Stäbchen allein, sondern auch auf die cylindrischen Gewichte, im Ganzen also auf 15 Mal so viel Masse, wirkt, offenbar 15 Mal geringer erscheinen, d. h., es wird das Stäbchen von dem Wege, den es bei dem freien Falle in einer gewissen Zeit durchlaufen hätte, blos den funfzehnten Theil zurücklegen. Offenbar kann das Uebergewicht so gewählt werden, daß das Metallstäbchen auf seiner Bahn während der ersten Sekunde genau um 1 Zoll vorwärts kommt.

Fig. 4.

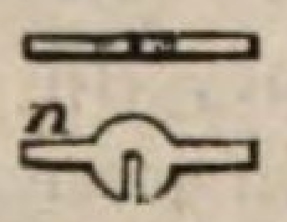


Wie die Zeichnung der Atwood'schen Fallmaschine weiter zeigt, ist die vertikale Säule in eine große Anzahl kleiner Theile getheilt, deren jeden ihr euch einen Zoll lang vorzustellen habt. Der oberste Punkt der Theilung heißt der Nullpunkt der Skala. Wißt ihr endlich, daß an jeder beliebigen Stelle der Skala 2 Schieber, von denen der höher stehende durchbrochen ist, festgestellt werden können; so überschaut ihr ganz bestimmt mit Leichtigkeit jeden Versuch, zu dem uns die mehr benannte Fallmaschine so schöne Gelegenheit darbietet. Bevor ich indeß zu den Experimenten schreite, und die Gesetze, zu denen dieselben uns hinleiten, ausspreche, will ich versuchen, letztere noch auf eine andere Weise zu entwikkeln.

Ihr wißt erstens, daß ein Körper seinen Zustand der Ruhe oder der Bewegung so lange behauptet, als ihn aus demselben keine fremde Kraft verdrängt; ihr habt zweitens kennen gelernt, wie die Schwere auf alle Körper ununterbrochen einwirkt: »wendet nun Beides auf die stetig beschleunigte Bewegung an!« — Die Geschwindigkeit, welche die Schwerkraft in dem ersten Zeittheilchen, etwa in dem Tausendstel einer Sekunde, irgend einem Körper ertheilt, würde fortdauern, wenn auch auf ihn von ihrer Seite keine neue Einwirkung

erfolgte. Nun aber findet Letztere in jedem nachfolgenden Zeittheilchen wiederholt, und auch stets, wie wir annehmen müssen, in gleicher Stärke Statt. »Wer könnte wol bei so bewandten Umständen noch daran zweifeln, daß sich die Geschwindigkeit genau in demselben Verhältnisse vervielfacht, daß sie nämlich in dem zweiten Zeittheilchen 2, in dem dritten 3, in dem vierten 4 Mal u. s. w. so groß wird, als in dem ersten? Und müssen sich ferner nicht auch eben so die Wege, welche ein Körper in den verschiedenen gleichen Zeittheilchen der Reihe nach zurücklegt, zu einander verhalten? Vergesset nur nicht, daß wir jene Verhältnisse nie auf Zeittheilchen von bedeutender Größe, selbst nicht auf Sekunden oder Minuten, ausdehnen dürfen, und daß der Schluß von Dem, was in kleinen Zeittheilchen geschieht, auf Das, was in größern erfolgen muß, allein durch Rechnung gefunden werden kann! Die Atwood'sche Fallmaschine bestätigt die obigen Behauptungen aufs schönste. Angenommen, dasjenige Gewicht *m*, welches das Metallstäbchen zu tragen hat, stehe in seiner Unterfläche mit dem Nullpunkte gleich hoch und lege während der ersten Sekunde genau 1 Zoll zurück; dann wird uns, wenn wir den Schieber stets an die richtigen Stellen bringen, die Freude nicht fehl gehen, jenes Gewicht nach 2 Sekunden bei 4, nach 3 Sekunden bei 9, nach 4 Sekunden bei 16, nach 5 Sekunden bei 25, nach 6 Sekunden bei 36 Zoll u. s. w. aufschlagen zu hören. — Recht sinnreich und interessant ist auch folgendes Experiment. — Die Größe der beschleunigenden Kraft wird bekanntlich allein durch die Schwere des Uebergewichts bedingt. Wer daher im Stande ist, Letztere in irgend einem Moment unwirksam zu machen, lehrt zugleich anschaulich, daß von nun an beide cylindrischen Gewichte ihren Weg mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortsetzen, und wieviel Zoll, Fuß u. dgl. sie in einem bestimmten Zeittheilchen, beispielsweise wieder in einer Sekunde, zurücklegen. Zu dem Allen giebt ihm abermals die Atwood'sche Fallmaschine ein treffliches Mittel an die Hand. Stellet euch vor, es besitze das Uebergewicht *n* die beistehende Gestalt (Fig. 5.), so daß es überall vermittels des durchbrochenen Schiebers plötzlich aufgefangen werden könne, und sei noch außerdem so vorgerichtet, daß es auf seiner Bahn während der ersten Sekunde genau um einen Zoll vorwärts kommt! dann braucht ihr blos noch zu beachten, daß die Unterfläche des Uebergewichtes in der Höhe des Nullpunktes, die Oberfläche des durchbrochenen Schiebers bei einem Zoll, die Oberfläche des unteren Schiebers aber so tief unter 3 Zoll der Skala steht, als die Höhe des mit *n* belasteten Gewichtes *m* beträgt. Alle Bedingungen seien erfüllt; es nehme daher die Bewegung der beiden Cylinder *m* und des Uebergewichtes *n* ihren Anfang. Und sehet! nach 1 Sekunde schlägt das Uebergewicht, nach 2 Sekunden aber der Cylinder *m* selbst auf; es hat mithin der oberste Punkt des letztern Körpers in der ersten Sekunde den Weg von 0 bis 1 mit beschleunigter und in der zweiten den Weg von 1 bis 3 mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegt. Um auch den geringsten Zweifel an der Wahrheit der eben ausgesprochenen Behauptung zu heben, dürfen wir das Uebergewicht nur so einrichten, daß es in der ersten Sekunde einen Weg von 2, 3, 4 u. s. w. Zoll durchläuft; dann kommt nämlich der Cylinder *m* selbst während der zweiten Sekunde 4, 6, 8 Zoll u. s. w. auf seiner Bahn vorwärts. »Wie aber steht es wol mit der Geschwindigkeit dieses Cylinders, wenn wir das Uebergewicht vermittels des

Fig. 5.



durchbrochenen Schiebers erst am Ende der zweiten, dritten, vierten Sekunde unwirksam machen?« Vorausgesetzt, es habe Letzteres noch ganz die vorige Einrichtung, durchlaufe also in der ersten Sekunde 1 Zoll; dann legt der Cylinder *m*, je nachdem wir das Uebergewicht am Ende der zweiten, dritten, vierten Sekunde auffangen, in jeder folgenden Sekunde einen Weg von 4, 9, 16 u. s. w. Zoll zurück. Gewisse, jedoch immer sehr unbedeutende Verzögerungen sind als eine Folge der Reibung zu betrachten, die auch bei der Atwood'schen Fallmaschine nie ganz gehoben werden können.

Sowol diese Experimente, als auch jene Erörterungen über die Schwerkraft und das Beharrungsvermögen der Körper zeugen genügend von der Richtigkeit nachstehender Gesetze:

»Die Geschwindigkeiten, welche ein herabfallender Körper in gewissen Zeittheilchen erlangt, verhalten sich genau so zu einander, wie diese Zeittheilchen selbst; ferner die Fallräume in den einzelnen, auf einander folgenden Zeittheilchen, wie die ungeraden Zahlen; endlich ist der ganze Raum, den er durchlaufen hat, dem Quadrate der Zeit, welche vom Beginn seines Falles bis zum Ende desselben hin verflossen ist, proportional.« —

Das Verständniß über die Gesetze des freien Falles läßt sich indeß noch auf andere Weise erzielen. — Die Erfahrung lehrt, daß die Schwere während der ersten Sekunde einem frei herabfallenden Körper die Geschwindigkeit von ungefähr 30 Fuß ertheilt. Ist Dem aber so, woran wir nicht zweifeln dürfen; so muß seine Geschwindigkeit am Ende der zweiten Sekunde 60, am Ende der dritten 90, am Ende der vierten 120 Fuß u. s. w. sein. Nun kommt es ferner darauf an, daß wir in jedem dieser Zeittheilchen seine mittlere Geschwindigkeit zu erforschen suchen. Wenn ihr dabei erwägt, daß die Geschwindigkeit jedes frei fallenden Körpers bei dem Beginn der ersten Sekunde Null, an dem Ende derselben aber 30 Fuß ist; dann muß es euch auch einleuchten, daß seine mittlere Geschwindigkeit in dem angegebenen Zeittheilchen 15 Fuß beträgt, und daß er daher während der ersten Sekunde eben so viel Fuß zurücklegt. Zu Anfange der zweiten Sekunde ist seine Geschwindigkeit 30, am Ende derselben 60 Fuß. So führt euch denn hier jene einfache Ueberlegung auf die mittlere Geschwindigkeit oder die Größe des Fallraumes in der zweiten Sekunde, nämlich auf 45 Fuß. Auf dem eingeschlagenen Wege des Nachdenkens weiter fortgehend, erhalten wir die mittlere Geschwindigkeit für die dritte Sekunde 75, für die vierte 105, für die fünfte 135 Fuß groß u. s. w. Nun aber frage ich euch: ist etwa nicht 15 ein, 45 drei, 75 fünf, 105 sieben, 135 neun Mal 15 u. s. w.? wachsen also etwa die Fallräume in den einzelnen, auf einander folgenden Zeittheilchen nicht so, wie die ungeraden Zahlen?« — Wie schnell läßt sich endlich hieraus auch die Richtigkeit des dritten Gesetzes folgern! Da ihr wißt, daß erstens der ganze Fallraum nach 2 Sekunden $1 + 3 = 4$ Mal 15 Fuß, nach 3 Sekunden $1 + 3 + 5 = 9$ Mal 15 Fuß, nach 4 Sekunden $1 + 3 + 5 + 7 = 16$ Mal 15 Fuß, nach 5 Sekunden $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$ Mal 15 Fuß u. s. w. beträgt; und daß zweitens 4 das Quadrat von 2, 9 das Quadrat von 3, 16 das Quadrat von 4, 25 das Quadrat von 5 u. s. w. ist: so könnt ihr unmöglich bezweifeln, daß die Räume, die ein frei herabfallender Körper durchläuft, den Quadraten der Zeiten proportional sind.

Löset schließlich folgende Aufgaben:

»1 den Weg zu finden, den irgend ein Körper, welcher vollkommen frei herabfällt, in einer gewissen Zeit, etwa nach 4, 7, 9 Sekunden u. s. w., zurückgelegt hat!«

»2. die Zeit zu bestimmen, welche er braucht, um durch einen genau angegebenen Raum zu fallen!«

»3. die Geschwindigkeit zu bezeichnen, welche er erlangt hat, wenn er am Ende entweder eines bestimmten Raumes, oder auch einer gewissen Zeit angekommen ist!«

Den Weg finden wir, wenn wir 15 Fuß mit dem Quadrate der Sekundenzahl multipliciren; die Zeit, wenn wir die Fallhöhe, die aber stets in Fußen ausgedrückt werden muß, mit 15 dividiren und aus der hierdurch erhaltenen Zahl die Quadratwurzel ziehen; die Geschwindigkeit, wenn wir entweder die Sekundenzahl mit 30 multipliciren, oder, wie vorhin, aus derjenigen Zahl, die uns das Sechzigfache der Fallhöhe angiebt, die Quadratwurzel suchen.

Bezeichnen wir mit g das Maß der Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers am Ende der ersten Sekunde; mit s seine Fallhöhe in t Sekunden; mit c die Geschwindigkeit, die er nach Verlauf von t Sekunden erlangt hat: dann lassen sich obige Gesetze in folgende Formeln zusammenfassen:

$$\text{I. } s = \frac{g}{2} t^2; \; c = gt; \text{ oder auch, weil } c^2 = g^2 t^2 \text{ und } \frac{c^2}{s} = 2\,g,$$

$$\text{III. } c = \sqrt{2gs}.$$

Die Gesetze über den freien Fall der Körper sind zuerst von Galiläi 1602 aufgefunden und besonders vermittels der schiefen Ebene nachgewiesen worden. Wie sie sich gebrauchen lassen, die Tiefe eines Brunnens, einer bedeutenden Erdhöhle u. s. w. zu bestimmen, liegt viel zu offen vor uns da, als daß es hierüber noch einer Erläuterung bedürfte.

b. Die stetig verzögerte Bewegung.

Daß ein Körper, der durch irgend eine Kraft senkrecht in die Höhe geworfen wird, mit abnehmender Geschwindigkeit steigt, zuletzt scheinbar still steht und nun zu fallen beginnt, wißt ihr längst aus eigener Erfahrung; daß indeß seine erste Bewegung, nämlich die bis zu seinem eingebildeten Ruhepunkte hin, die stetig verzögerte ist, dürfte euch denn doch noch nicht bekannt gewesen sein. Erwäget nur zuvörderst, daß die Schwerkraft die Geschwindigkeit eines vertikal aufsteigenden Körpers nothwendig in demselben Grade verringern, als die eines frei herabfallenden erhöhen muß! Wird beispielsweise eine Kugel so in die Höhe geschnellt, daß sie in der ersten Sekunde den Punkt d (Fig. 6.!) erreicht; so steigt sie in der zweiten Sekunde bis c, in der dritten bis b, in der vierten bis a (beachtet wohl, daß von e bis d 7 solcher gleichen Theile sind, wie von d bis c 5, von c bis b 3 u. s. w !) und kommt, weil sie nun auf gleiche Weise fällt, in der fünften Sekunde zum zweiten Male bis b, in der sechsten bis c, in der

siebenten bis *d* und am Ende der achten Sekunde wieder bis *e*, dem Ort ihres Aufsteigens, zurück. Nach unserer Voraussetzung war ihre Beschleunigung anfangs 120 Fuß (woher wissen wir Das?), am Ende der ersten Sekunde 120 — 30 = 90, am Ende der zweiten Sekunde 90 — 30 = 60, am Ende der dritten Sekunde 60 — 30 = 30 und am Ende der vierten Sekunde 30 — 30 Fuß = Null. Blos so viel braucht ihr zu wissen, um sofort jede Frage, welche euch über die Höhe, die Zeit, oder die Geschwindigkeit eines vertikal aufwärts geworfenen Körpers vorgelegt wird, beantworten zu können. Angenommen, es vergingen zwischen dem Aufsteigen und dem Niederfallen 12 Sekunden; dann hat sich offenbar der Körper, weil seine Fallzeit 6 Sekunden beträgt, 6 Mal 6 oder 36 Mal 15, gleich 540 Fuß, von der Erde entfernt, und ist mit einer Geschwindigkeit, die ihn in der ersten Sekunde 180 Fuß fortbrachte, senkrecht in die Höhe geworfen worden. Bezeichnet *h* die erreichte Höhe, *n* die Geschwindigkeit bei dem Beginn des Steigens, und *t* die Zeit, welche der Körper braucht, um bis zum Gipfel zu steigen; dann ist, wenn wir anders *g*, *t* und *c* die bekannten Werthe beilegen:

Fig. 6.



$$\text{I. } c = n - gt; \quad \text{II. } t = \frac{n}{g}; \quad \text{III. } h = nt - \frac{g}{2}t^2.$$

»Wie hoch steigt wol eine Kanonenkugel, wieviel Sekunden verfließen bis zu ihrem scheinbaren Ruhepunkte, und welche innere Größe der Bewegung besitzt sie zu einer bestimmten Zeit, etwa am Ende der siebenten Sekunde, die nämlich mit dem Maße der Beschleunigung von 1600 Fuß senkrecht abgeschossen wird?« es ist $t = {}^{1600}/_{30}, = 53\frac{1}{3}$ Sekunde, d. h., die Kugel steigt $53\frac{1}{3}$ Sekunde lang; $h = 1600 \,.\, 53\frac{1}{3} - 15 \,.\, (53\frac{1}{3})^2, = 85333\frac{1}{3} - 42666\frac{2}{3}, = 42666\frac{2}{3}$ Fuß; $c = 1600 - 30 \,.\, 7, = 1600 - 210, = 1390$ Fuß. Wie sonst, ist natürlich auch hier auf den Widerstand der Luft keine Rücksicht genommen worden.

Die Frage: »ist es möglich, einen Körper mit einer solchen Geschwindigkeit von der Erde aufsteigen zu lassen, daß er ganz von derselben wegfliegt?« dürfen wir unbedingt mit »Nein« beantworten; denn kein Mensch besitzt die Kraft, selbst dem leichtesten Körper eine Geschwindigkeit von der ungeheuern Größe zu verleihen, die ihn während der ersten Sekunde 35000 Fuß vertikal emportriebe. Nun ist aber diese Geschwindigkeit die allergeringste, welche ein Körper, der nicht wieder auf die Erde zurückfallen soll, erhalten haben muß. — Eine andere Frage: »können wol die Meteorsteine vom Monde bis zu unserer Erde hinfliegen?« übergehe ich hier, da ich später Gelegenheit nehmen werde, euch über sie, die ungemein viel Antworten veranlaßt hat, das Nähere mitzutheilen.

Alle Berechnungen, welche wir hier angestellt haben, passen nur für solche Körper, die weder zu hoch steigen, noch zu tief fallen; denn die Kraft der Schwere nimmt mit der Entfernung von der Erde beträchtlich ab.

§. 5.

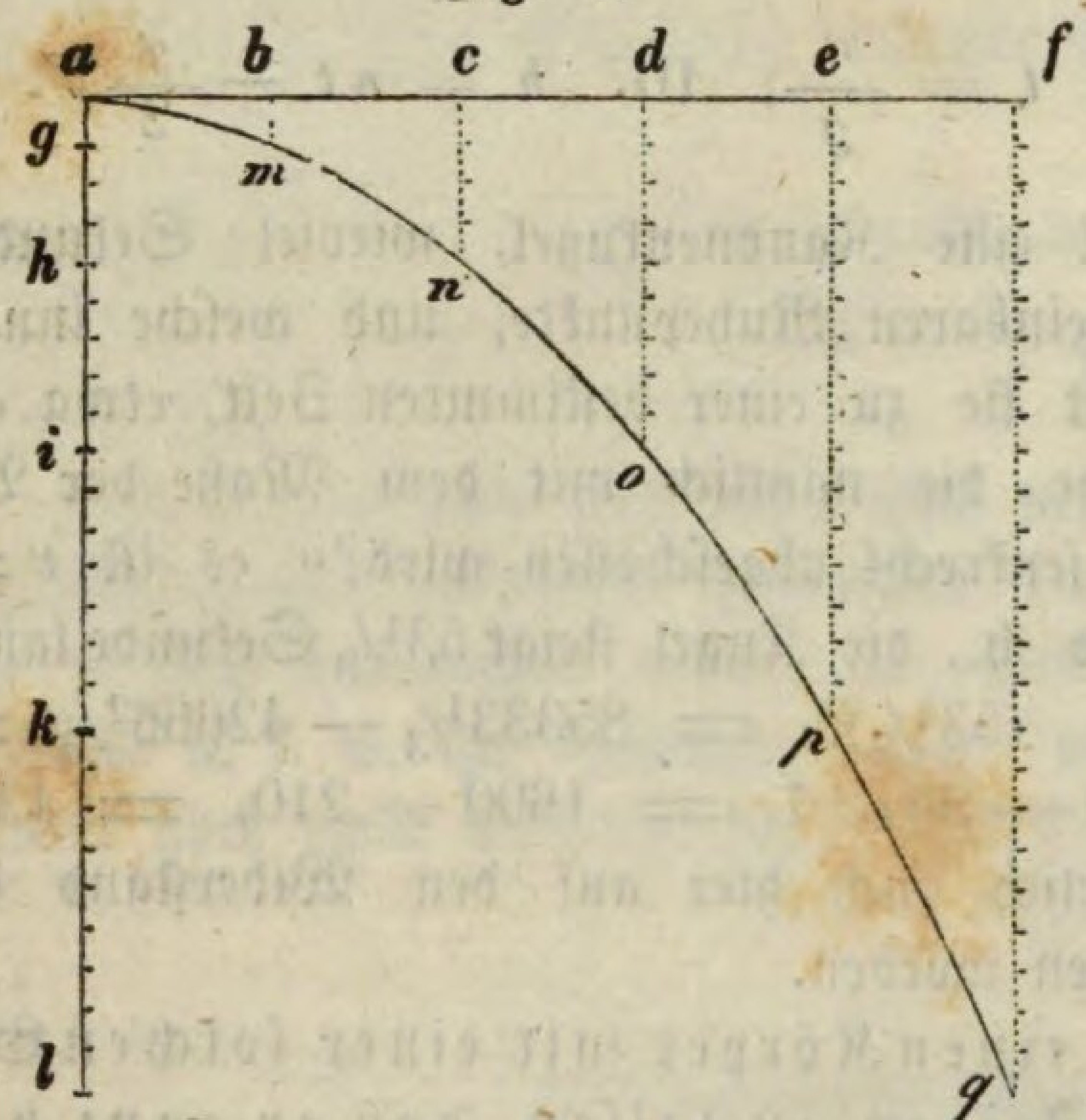
Die freien krummlinigen Bewegungen der Körper.

a. Die Wurfbewegungen.

Indem ich diese Bohne nach jenem Stubenwinkel werfe, überzeugt ihr euch wol, daß sie eine krumme Linie beschreibt; wie es aber sonst mit ihrer Bahn steht, ob dieselbe z. B. unter allen Umständen, d. h. bei den verschiedensten Würfen, ihre frühern Eigenschaften beibehalte, ist eine Frage, zu deren Beantwortung wieder scharfes Nachdenken und große Aufmerksamkeit erfordert wird. So lasset uns denn um so gerüsteter an das neue Geschäft gehen!

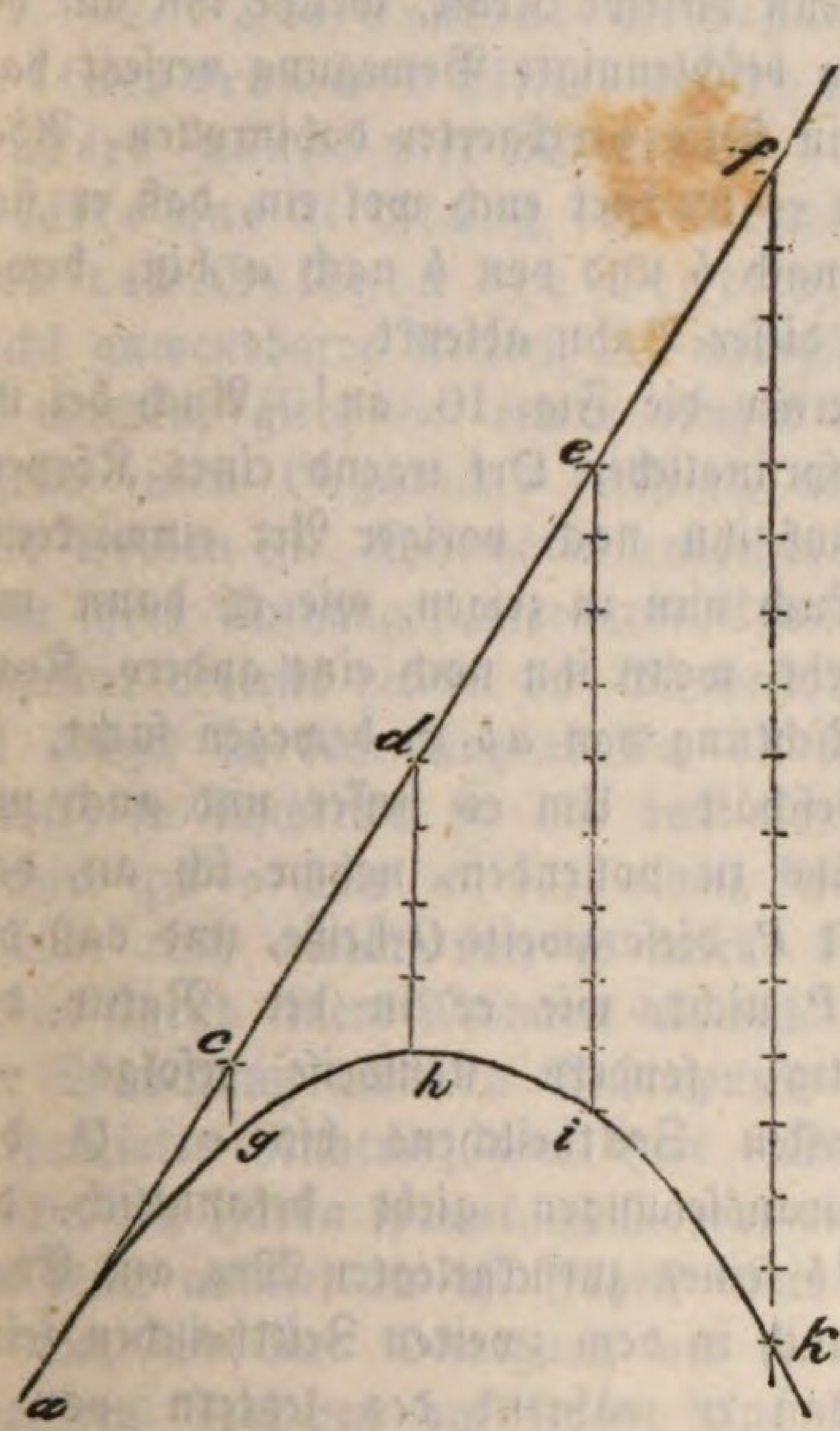
In der hier beigefügten Fig. 7. bezeichnet *a* eine Anhöhe, von der aus Jemand eine Kugel genau horizontal wirft; *af* die Richtung, welche diese, übte die Schwere keinen Einfluß auf sie aus, stets mit gleichförmiger Geschwindigkeit verfolgen würde; *al* die Bahn, die ein keinesweges geworfener, sondern von *a* aus frei herabfallender Körper durchläuft. Die Bedeutung aller übrigen Linien kann euch erst durch die nachfolgende Betrachtung allmälig klar werden. Während die Kugel im Begriff ist, von *a* nach *f* wagerecht fortzufliegen, wird sie zugleich durch die Schwere genöthigt, der Erde immer näher zu kommen. Ihre Bahn ist daher eine sehr eigenthümliche. Erwäget bei ihr nur zuvörderst, daß die Schwere, als nur in senkrechter Richtung wirkend, nichts dazu beitragen kann, die horizontale Geschwindigkeit der Kugel zu erhöhen, oder zu vermindern! Hieraus aber folgt, daß die Kugel in einer gewissen Zeit erstens so weit nach *f* hin vorwärts kommt, als wenn die Schwerkraft gar nicht vorhanden wäre, und zweitens in der Richtung von *al* genau so tief herabsinkt, wie es stets bei einem frei fallenden Körper geschieht. Sie komme beispielsweise in der ersten Sekunde bis *b* oder *g*, in der zweiten bis *c* oder *h*, in der dritten bis *d* oder *i*, in der vierten bis *e* oder *k*, in der fünften bis *f* oder *l*. Um nun die Stelle aufzufinden, welche sie am Ende eines jeden Zeittheilchens erreicht hat, dürfen wir nur auf den Linien, welche von *b*, *c*. *d*, *e* und *f* senkrecht herunter gehen, $bm = ag$, $cn = ah$, $de = ai$, $ep = ak$, $fq = al$ nehmen (ag, ah, ai, ak und al stellen bekanntlich die Fallräume in einer Sekunde, in 2, 3, 4 und 5 Sekunden dar). *m*, *n*, *o*, *p* und *q* sind offenbar die gesuchten, nun gefundenen Punkte.

Fig. 7.



Stellet euch weiter vor, es werde irgend ein Körper in der schrägen Richtung von *af* (Fig. 8!) aufwärts geworfen, und zwar mit einer Kraft, die ihn, wäre die Schwere abermals nicht in Thätigkeit, in 1 Sekunde nach *c*, in 2 Sekunden nach *d*, in 3 Sekunden nach *e*, in 4 Sekunden nach *f* fortführte, und gebet dann die Stellen an, welche er am Ende eines jeden jener 4 gleichen Zeittheilchen wirklich einnimmt! — Bezeichnet *cg* den Fallraum in der ersten, *dh* den in der zweiten, *ei* den in der dritten und *f..* den Fallraum in der vierten Sekunde, so müssen *g*, *h*, *i* und *k* die zu suchenden Punkte sein. Der Beweis ist dem vorigen ähnlich. »Wie aber bezeichnen wir die ganze Bahn, welche bis zu allen diesen Punkten hinzurückgelegt worden ist?« Schauet nur die krumme Linie *aghik* an, und merket euch, daß nicht blos sie, sondern auch jede andere, die auf ähnliche Weise entsteht, oder mit ihr völlig übereinstimmende Eigenschaften besitzt (die Angabe dieser würde euch wenig nützen: ich übergehe sie daher), den Namen Parabel führt! — Abgeschossene Kanonenkugeln fliegen stets in dergleichen Bogen vorwärts; es darf mithin der Artillerist sein Mordgewehr nicht ganz genau nach dem Gegenstande richten, welchen er treffen will; er muß vielmehr die Kugeln bald höher, bald tiefer, je nachdem sein Ziel mehr oder weniger weit von ihm entfernt ist, in die Luft schießen. Selbst die Büchsenkugeln fliegen in einer Parabel einher. »Wißt ihr nun wol auch, warum das Korn und das Visir, oder die beiden Marken auf dem Laufe eines Gewehres, nach denen die Jäger die Richtung desselben bestimmen, so gestellt sind, daß der Lauf, wenn sie auf ein Reh, einen Hasen u dgl. zielen, etwas höher zu stehen kommt?« — Vorausgesetzt endlich, daß die Luft keinen Widerstand leistet, und daß uns sowol die Kraft des Pulvers, als auch der Richtungswinkel der Kanone genau bekannt sind, können wir nicht nur die Wurf- oder Schußweite, sondern auch die Zeit, welche die Kugel zur Vollendung ihrer Bahn gebraucht, durch Rechnung finden.

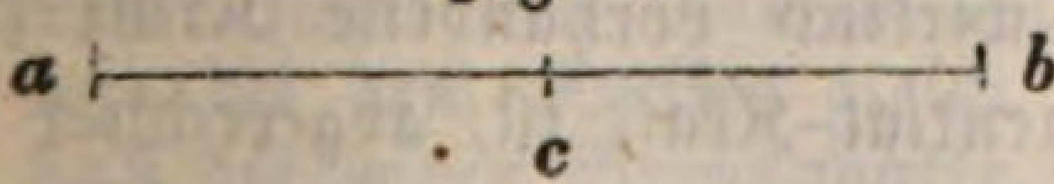
Fig. 8.



b. Die Central-Bewegungen.

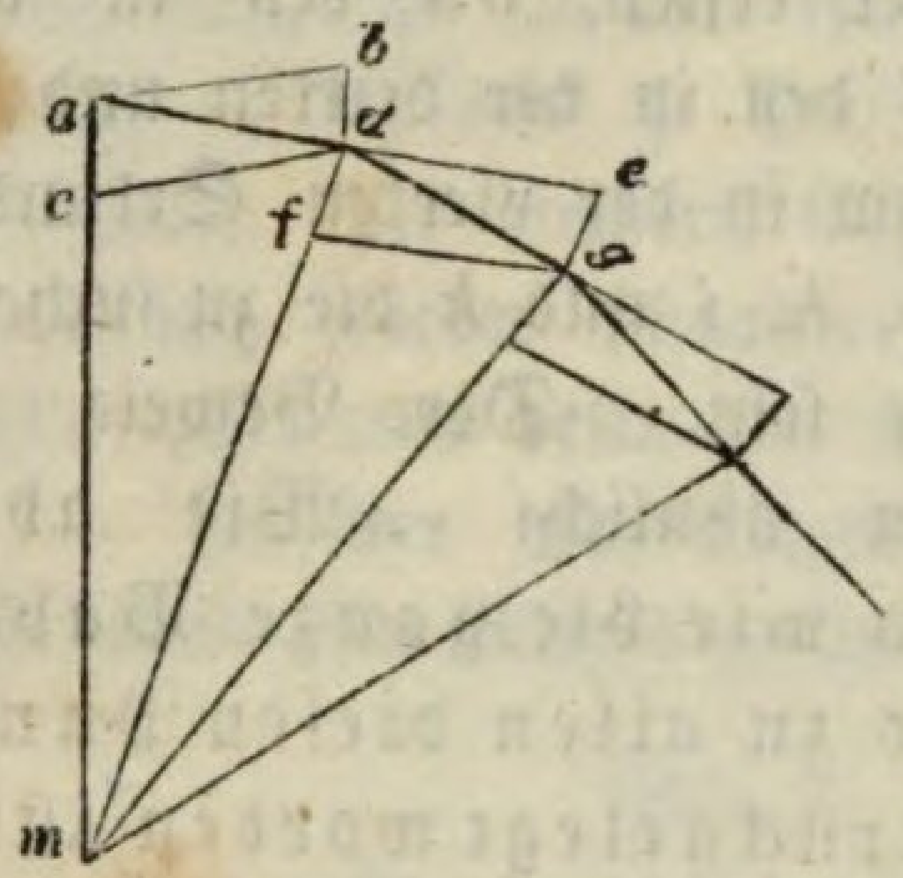
Fasset zuerst den Strich *ab* (Fig. 9.) ins Auge, und stellet euch unter *c*, das genau in der Mitte desselben liegt, einen solchen Punkt vor, nach dem ein bis dahin in *a* ruhender Körper gezogen wird! Vorausgesetzt, daß außer jener Kraft keine andere auf ihn einwirkt, muß er nothwendig in jedem

Fig. 9.



folgenden Zeittheilchen eine größere Geschwindigkeit erlangen, d. h. in gleichförmig beschleunigter Bewegung sein. Am schnellsten ist er offenbar in dem Punkte *c*. Hier angelangt, läuft er ohne Aufenthalt nach der andern Seite weiter. Er kommt jedoch nur bis *b*; denn dieselbe Kraft, welche ihn auf der ersten Hälfte seiner Bahn in die gleichförmig beschleunigte Bewegung versetzt hat, läßt ihn auf der zweiten Hälfte derselben in stetig verzögerter dahinrollen. Aber auch in *b* ist seines Bleibens nicht; und es leuchtet euch wol ein, daß er sich wieder nach *a*, überhaupt so lange von *a* nach *b* und von *b* nach *a* hin, bewegen wird, als ihn keine andere Kraft von dieser Bahn ablenkt.

Fig. 10.



Sehet ferner die Fig. 10. an! Auch bei ihr stellt *a* den ursprünglichen Ort irgend eines Körpers und *m* eine auf ihn nach voriger Art einwirkende Kraft vor. Euch nun zu zeigen, wie es dann mit dem Körper steht, wenn ihn noch eine andere Kraft etwa in der Richtung von *ab* zu bewegen sucht, sei mein neues Geschäft. Um es besser und auch mit geringerer Mühe zu vollenden, nehme ich an, daß jene erste Kraft *P*, diese zweite *Q* heiße, und daß der Einfluß von *P* nicht, wie es in der Natur der Fall ist, stetig, sondern stoßweise erfolge. — *P* bringe den Körper während des ersten Zeittheilchens bis *c*, *Q* dagegen bis *b* hin. Unter solchen Voraussetzungen giebt bekanntlich die Diagonale *ad* des Parallelogrammes *acdb* seinen zurückgelegten Weg an. Eben so schnell, wie in dem ersten, finde ich auch in dem zweiten Zeittheilchen seine Bahn; denn die einfache Ueberlegung, daß er während des letztern von *P* allein bis *f* ($bd = df$) und von *Q* allein bis *e* ($ad = de$) fortgerissen werden würde, läßt mich sie in der Ecklinie *dg* des Parallelogramms *dfge* erkennen. Meine Figur veranschaulicht euch endlich noch den Weg, welchen er im dritten Zeittheilchen durchläuft. — Nur der Linien *ad* und *dg* bedarf es, uns zu überzeugen, daß der Körper, wenn die Kraft *P* ihren Einfluß stoßweise ausübt, eine gebrochene, hingegen, falls sie Dies stetig oder gleichförmig thut, eine krumme Linie beschreiben müsse. Da ihr *P* genau kennt; so wißt ihr auch, daß seine Bahn eine krummlinige ist. Was ihr euch sonst hier einzuprägen habt, fasse ich in folgende 3 Punkte zusammen:

»1. Diejenige Kraft, welche einen Körper nach einem gewissen Mittel- oder Central-Punkte ununterbrochen hintreibt (denket an den Punkt *c* der Fig. 9. und an den Punkt *m* der Fig. 10 !), heißt die **Centripetal-Kraft**; die andere hingegen, welche ihn, gerade umgekehrt, von jenem Punkte zu entfernen sucht, ihm also eine seitwärts gehende Bewegung verleiht (erinnert euch hierbei an die Kraft *Q*!), die **Tangential- oder Seitenkraft.**« — Beide Kräfte kommen übrigens häufig unter dem Namen **Central-Kräfte**, und die Bewegungen, welche durch sie hervorgerufen werden, unter dem Namen **Central-Bewegungen** vor. Als eine selbstständige, wirklich vorhandene Kraft steht nur die Centripetal-Kraft da; denn die Tangential-Kraft ist, abgerechnet den Stoß, der gleich zu Anfange eintritt, nur eine Wirkung von der Trägheit oder dem Beharrungsvermögen der Körper. Die sogenannte Flieh- oder Centri-

fugal-Kraft ist der Centripetal-Kraft gleich, aber entgegengesetzt, und sagt uns eigentlich, mit welcher Stärke sich ein Körper, hielte ihn die Anziehungskraft nicht mehr zurück, von dem Central-Punkte *c* entfernen würde.

»2. Die Central-Bewegungen erfolgen zwar zu jeder Zeit in einer krummen Linie; allein diese bleibt sich nicht immer gleich, sondern hängt mit Rücksicht auf ihre Gestalt zum Theil von der Stärke und Richtung der Tangential-, zum Theil von der Stärke und den Gesetzen der Centripetal-Kraft ab.« Ein einfaches, sehr leicht anwendbares Mittel, sie, wenigstens die Entstehung derselben, anschaulich zu machen, giebt ein etwas langer Bindfaden ab, bei dem das eine Ende an irgend einen Gegenstand befestigt, und das andere mit einer kleinen Kugel begabt worden ist. Seitwärts aufgehoben, kehrt die Kugel sofort in die Vertikal-Linie ihres Aufhängepunktes zurück und verharrt auch nur in dieser Lage ruhig. Offenbar vertritt hierbei die Schwere die Centripetal-Kraft. Ertheile ich nun der Kugel in dem Augenblikke, da ich sie frei lasse, einen seitwärts gerichteten Stoß; so beschreibt sie um den Central-Punkt, nach unsern vorigen Figuren mithin um *c* oder *m*, bald einen Kreis, bald wieder eine sogenannte Ellipse *). Stellet euch endlich vor, es werde der Faden, während er noch in Spannung ist, in irgend einem Moment durchschnitten! »würde dann nicht sofort die Kugel ihre Bewegung um den Mittelpunkt enden und sich vermöge ihrer Trägheit in tangentialer Richtung von ihrer frühern Bahn entfernen?« — Die Kraft, welche den Faden spannt, heißt wol auch die Schwungkraft, ist aber durchaus keine andere, als die Flieh- oder Centrifugal-Kraft; sie tritt überall da auf, wo eine Bewegung um eine feste Achse stattfindet, und wo ferner die einzelnen Theilchen auf irgend eine Weise verhindert werden, sich von jener Achse zu entfernen.

»3. Die Central-Bewegungen stimmen, wie große Gelehrte in früherer Zeit entdeckt (ich nenne euch unter diesen nur Kepler und Newton) und andere nach ihnen immer wieder aufs klarste bewiesen haben, mit dem bewundernswürdigen Laufe der Himmelskörper vollkommen überein.« — Nur Dies brauchen wir zu wissen, um sie in ihrer hohen Wichtigkeit zu erkennen, um wenigstens zu ahnen, nach welchen Gesetzen der Mond seinen Lauf um die Erde, diese, wie auch jeder andere Planet, um die Sonne u. s. w. macht; kurz, wie überhaupt sämmtliche Himmelskörper, durch den Allmächtigen ins unermeßliche Weltall geschleudert, in ewiger Ordnung und Harmonie erhalten werden.

Um sich zu erklären, daß die Erde an den Polen abgeplattet, daher fast wie eine Pomeranze gestaltet ist; daß die Achse eines tanzenden Kreisels in der

*) Wer eine Ellipse zeichnen will, schlage 2 starke Nadeln in ein Brett, und befestige zwischen sie einen gewöhnlichen Faden so, daß derselbe noch etwas schlaff herunter hängt. Hierauf nehme er ein langes, zugespitztes Stück Kreide, lege es dicht an den Faden, und führe es, während letzterer in Spannung ist, zu beiden Seiten der Nadeln herum. Die so entstandene Linie führt den Namen Ellipse. Daß bei ihr nicht alle Durchmesser, wie bei dem Kreise, gleich groß sein können, leuchtet eben so klar ein, als daß die beiden Brennpunkte (die Nadeln zeigen sie euch an!) von dem Mittelpunkte dieser krummen Linie, wo nämlich der längste und der kürzeste Durchmesser einander schneiden, gleich weit entfernt sind.

Lage verharrt, die sie zu Anfange der Drehung erhalten hat; daß ein Hammer mit längerm Stiele mehr wirkt, als ein anderer mit kürzerm; daß die nassen Räder spritzen; daß eine Schleuder den Stein ungemein weit forttreibt u. s. w., denke Jeder nur stets an die Flieh- oder Centrifugal-Kraft zurück, und es dürfte ihm, wenigstens in den meisten Fällen, die Freude nicht fehl gehen, gerade in ihr die Hauptursache zu jenen und noch viel andern Erscheinungen zu finden.

§. 6.

Die unfreien krummlinigen Bewegungen der Körper,

oder

die Schwingungen oder Oscillationen des Pendels.

Ihr seht hier eine bleierne Kugel an einen ziemlich langen Faden und diesen an den Queerbalken eines unserer Tafelgestelle befestigt. Noch ruht sie. Kaum aber habe ich sie etwas seitwärts hingezogen; so fängt sie auch schon an, einen Bogen nach dem andern zu beschreiben, bis sie endlich wieder in der Vertikal-Linie ihres Aufhängepunktes stehen bleibt. Diese ihre krummlinigen Bewegungen sind offenbar von hoher Wichtigkeit; denn blos sie haben es uns möglich gemacht, die Zeit aufs genaueste messen und eintheilen zu lernen. Sie gewähren uns indeß noch andere Vortheile. Vor allen Dingen merket:

»1. Eine Vorrichtung der Art, wie ihr sie nicht nur jetzt an unserm Tafelgestelle, sondern auch stets an allen Thurm-, Wanduhren u. s. w. beobachten könnt, die nämlich aus einem Körper, welcher der Schwere unterworfen ist, und einem Faden oder Drathe, an dessen **einem** Ende jener fest sitzt, besteht, heißt ein **Pendel**.«

»2. Wir unterscheiden **einfache** oder **mathematische** und **zusammengesetzte** oder **physische** Pendel: bei jenen, die in der Wirklichkeit nie vorkommen, habt ihr euch den Drath oder Faden völlig gewichtlos und die Kugel nur als einen der Schwere unterworfenen Punkt zu denken; hingegen bei diesen, welche überaus häufig gefunden werden, ist jeder Punkt nicht allein des angehängten Körpers, sondern auch des Drathes oder Fadens schwer.«

»3. Jeder Bogen, den ein Pendel beschreibt, bestimmter, jeder einzelne seiner Hin- oder Rückgänge, wird eine **Schwingung**, oder auch, falls er sehr geringfügig ist, eine **Oscillation des Pendels** genannt.

Fig. 11.



Schauet nun weiter die Fig. 11 an! — Bringe ich das Pendel in die Lage von *fa*; so ist es offenbar die Schwere, welche die Kugel *a* nöthigt, den Kreisbogen *al* zu durchlaufen. Nun hört zwar bei *l* diese Einwirkung auf; allein das Pendel kann, dort angelangt, doch nicht in Ruhe bleiben; denn die Geschwindigkeit, welche es während seines Falles von *a* bis *l* erreicht hat, führt es dem Gesetze der Trägheit gemäß weiter fort, und es legt daher auch den krummlinigen Weg *lb*

zurück. In *b* selbst ist seine Geschwindigkeit Null. Was weiter erfolgen muß, läßt sich bequem in wenige Worte zusammenfassen. Dieselben Kräfte nämlich, welche es schon ein Mal aus den Richtungen *fa* und *fl* verdrängt haben, gebieten ihm gleichsam immer aufs neue, von *b* nach *a* und, umgekehrt, von *a* nach *b* zu schwingen. Ließe sich nun das Pendel so aufhängen, daß es selbst nicht die geringste Reibung erlitte, und wäre es uns ferner möglich, den Widerstand der Luft gänzlich zu vernichten; so müßten seine Schwingungen ohne Ende fortdauern, und wir besäßen folglich in ihm ein wahres Perpetuum mobile, d. i. eine Maschine, welche, einmal in Bewegung gesetzt, in diesem Zustande, ohne irgend einer Nachhülfe zu bedürfen, beständig verharrte. Leider aber können wir von unserm Pendel weder jene Reibung, die besonders in der Steifheit des Drathes oder Fadens liegt, noch diesen Widerstand, der das Haupthinderniß ist, gänzlich entfernen.

Ich lasse nun das Pendel noch ein Mal mit der ganzen Länge, dann aber nur mit der Hälfte, dem Drittel, Viertel u. s. w. des Fadens größere oder kleinere Bogen beschreiben. Vorausgesetzt, daß ihr während Dessen sowol die Geschwindigkeiten, die es bei den verschiedenen Fallhöhen erreichte, als auch die Zeiten, welche es zur Zurücklegung der mancherlei Bogen bedurfte, mit Aufmerksamkeit beobachtet habt, höre ich euch ungefähr Folgendes aussprechen:

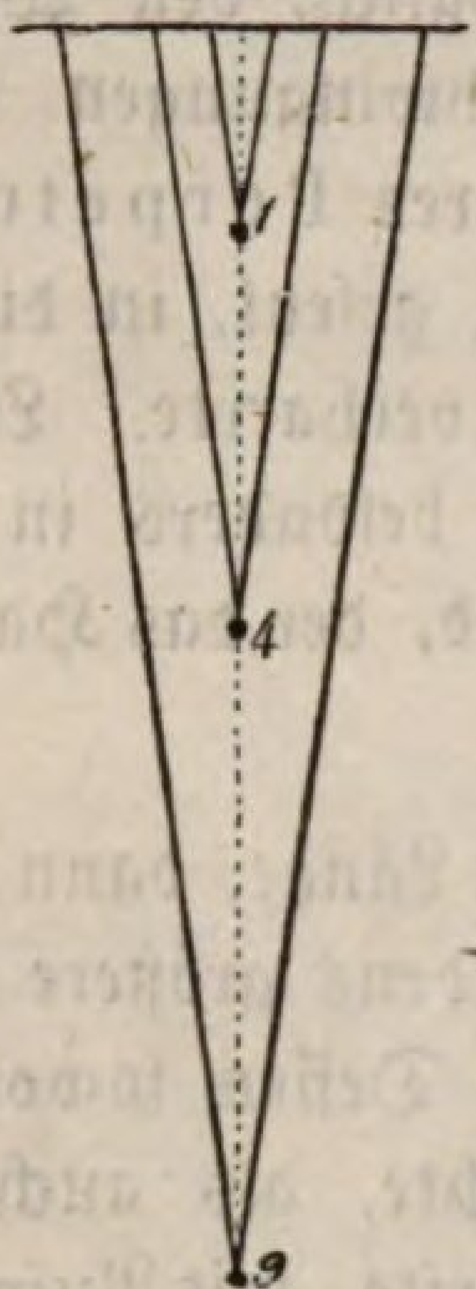
»1. Die Geschwindigkeiten, zu denen das Pendel gelangte, richteten sich stets nach der Fallhöhe desselben: je beträchtlicher diese, desto größer jene.« — Und ich füge hinzu: »sie entsprechen bei dem einfachen Pendel den Fallräumen vollkommen.« Der Beweis für meine Behauptung beruht vorzugsweise auf den Gesetzen über den freien Fall der Körper.

»2. Die Schwingungszeiten schienen bei einerlei Länge des Pendels für alle Hin- und Hergänge, mochten diese noch so sehr von einander abweichen, gleich zu sein.« — Merket! »so verhält es sich in der That;« und auch hierzu läßt sich der Grund leicht auffinden. Ist nämlich das Pendel von seiner ursprünglichen lothrechten Richtung nur wenig entfernt worden, so kehrt es auch blos mit einer geringen Geschwindigkeit in dieselbe wieder zurück; haben wir es hingegen von seiner Ruhelage weit fortgebracht, oder ihm, wie wir uns gewöhnlich ausdrükken, einen großen Ausschlagswinkel verliehen (die Vertikal-Linie und die neue Richtung des Pendels bilden diesen Winkel), so erlangt es eine sehr bedeutende Geschwindigkeit und vollendet daher auch seinen großen Bogen in einer unverhältnißmäßig kurzen Zeit. Vollkommen jedoch stimmen die Schwingungszeiten, wie die Erfahrung stets von Neuem lehrt, nicht mit einander überein.

»3. Je kürzer das Pendel war, desto schneller schwang es auch; je länger, desto langsamer. — Auch diese Beobachtung ist richtig. Wäre es euch möglich gewesen, die Schwingungen des Pendels mit der Länge desselben genau zu vergleichen; so würdet ihr auf das hier wichtige Gesetz gekommen sein: »die Schwingungszeiten verhalten sich zu einander, wie die Quadrat-Wurzeln aus den Längen der Pendel; oder die Längen der Pendel, wie die Quadrate der Schwingungs-

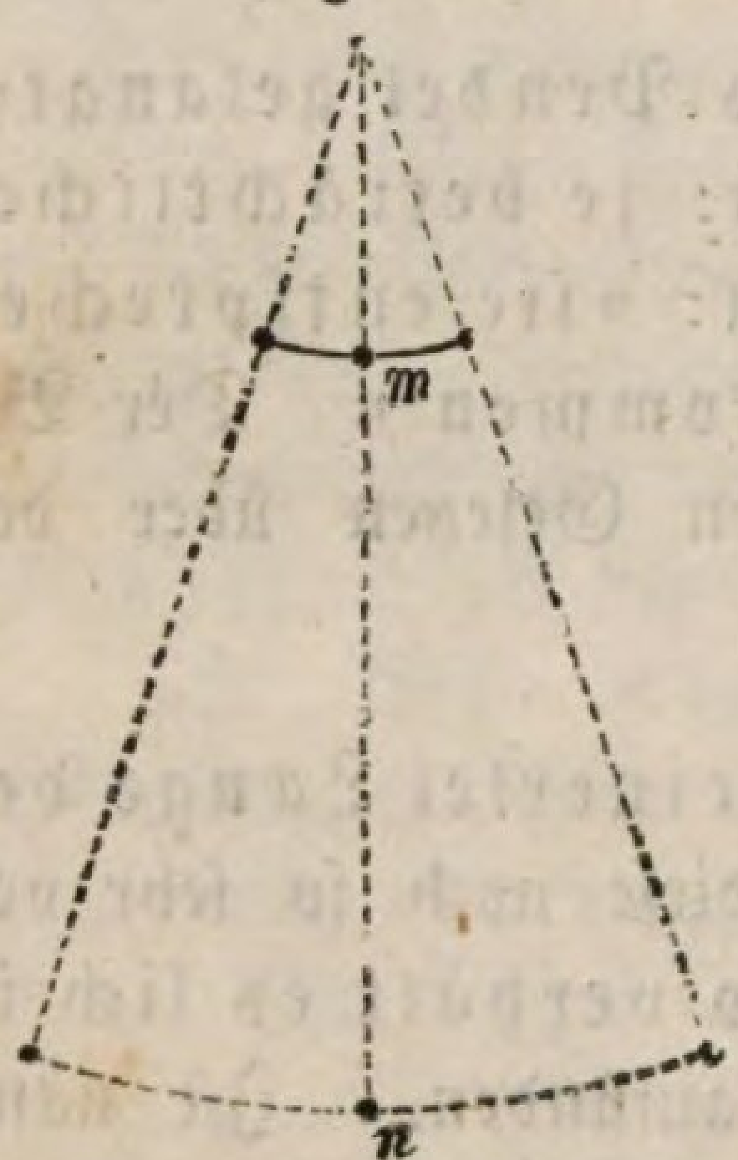
zeiten.«*) — Es vollendet wirklich ein Pendel, das 4 Mal so lang ist, als ein anderes, nur eine Schwingung, während letzteres den Bogen 2 Mal durchläuft. Bei dem Versuche, der uns mit der Richtigkeit dieses Gesetzes bekannt macht, thut man wohl, die Kugeln so, wie es die hier beigefügte Figur zeigt, an einem doppelten Faden aufzuhängen. Die Zahlen 1, 4 und 9 deuten euch das Verhältniß der 3 Pendellängen an. —

Fig. 12.



Damit ihr euch anschaulich überzeugt, daß die Schwingungszeiten weder von der Masse, noch dem Gewichte der Kugel abhängig sind; so verschaffet euch nur mehrere Pendel von gleicher Länge, lasset sie überhaupt blos darin von einander abweichen, daß die Kugel des einen Pendels von Metall, eines andern von Wachs, eines dritten von Holz u. s. w. besteht!

Fig. 13.



Alles, was ich euch bisher mitgetheilt habe, gilt nur für ein einfaches oder mathematisches Pendel, also nicht einmal für ein solches, dessen unbiegsamer Faden zwar gewichtlos, aber mit 2 schweren Molekülen, *m* und *n* (Fig. 13!), begabt ist. Offenbar hat *m*, weil dem Aufhängepunkte näher, das Bestreben, schneller, als *n*, zu schwingen, und beschleunigt so des letztern Bewegung; *n* hingegen wirkt auf *m* gerade umgekehrt ein. Hieraus folgt, daß das Pendel mit einer Geschwindigkeit schwingen muß, die zwischen den beiden Geschwindigkeiten liegt, mit denen die Moleküle *m* und *n* die Bogen für sich allein durchlaufen würden. Eben so verhält es sich mit jedem materiellen Pendel. Wer auch nur so viel über das zusammengesetzte Pendel weiß, muß einsehen, daß es bei demselben einen Punkt giebt, der durch die übrige Masse des Instruments weder beschleunigt, noch verzögert wird. Dieser Punkt heißt der Schwingungspunkt. Aufgefordert, ihn bei irgend einem physischen Pendel zu suchen, erforschet zuvörderst die Länge desjenigen mathematischen Pendels, das mit jenem gleiche Schwingungszeiten besitzt, und traget sie dann von dem Aufhängungspunkt an auf das physische Pendel über. Leider treten uns bei dem ersten Geschäft kaum zu besiegende Schwierigkeiten in den Weg. Wo und wann wir auch von der Länge eines

---

*) Das Gesetz über die Gleichheit der Schwingungszeiten gehört zu den ersten Entdekkungen Galiläi's. Noch sehr jung (so berichtet uns die Geschichte), nahm er in dem Dom zu Pisa zufällig die Schwingungen einer an dem Gewölbe aufgehängten Lampe wahr, und es fiel ihm sowol deren periodische Wiederkehr, als auch die Gleichheit ihrer Dauer auf. Mehr bedurfte es nicht, das große, in ihm bisher noch schlummernde Genie zu wekken; er dachte sofort über die bezeichnete Erscheinung weiter nach und bereicherte die Welt allmälig nicht nur mit jenem, sondern auch noch mit so manchem andern Pendelgesetze.

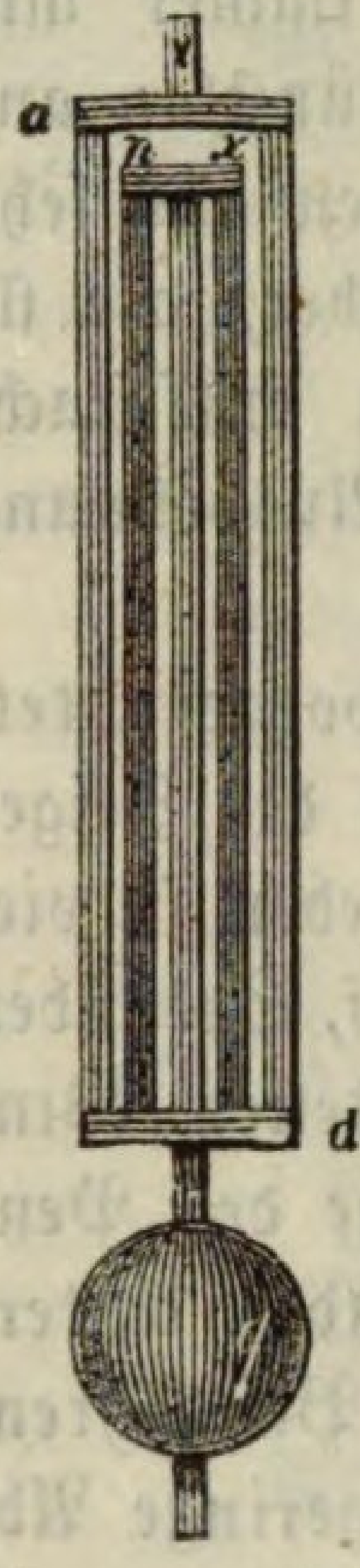
zusammengesetzten Pendels sprechen; stets verstehen wir unter ihr die Entfernung des Aufhängepunktes von dem Schwingungs-Mittelpunkte.

Da, wie ihr später näher kennen lernen werdet, steigende Wärme die Körper ausdehnt, abnehmende sie zusammenzieht; so können auch die Pendel, wenn die Einwirkung der Temperatur nicht aufgehoben wird, unmöglich immer mit gleicher Geschwindigkeit schwingen. Diesen Uebelstand haben die Künstler anfangs nur dadurch zu beseitigen gesucht, daß sie die Pendelstangen aus sehr trokkenem, in Oel gesottenem Holze verfertigen ließen; später aber, als sie nämlich fanden, daß dieses Mittel dem beabsichtigten Zwekke wenig entsprach, durch die Compensation, welche sich auf die ungleichförmige Ausdehnung verschiedener Metalle gründet. Höret hierüber das Nähere!

Nehmet beispielsweise an, das Pendel einer Thurmuhr sei so vorgerichtet, daß es in jeder Sekunde genau eine Schwingung macht, oder daß der Zeiger vollkommen um 60 Sekunden fortgerückt ist, wenn das Pendel eben so viel Schwingungen vollendet hat. Offenbar hören jene Zeittheilchen auf, Sekunden zu sein, wenn sich, wie Dies bei gewöhnlichen Uhren von der härtesten Winterkälte bis zur größten Sommerhitze unfehlbar eintritt, die Länge des Pendels ändert. Nach sorgfältigen Beobachtungen beträgt der bedeutendste Unterschied für den Tag 30 Schwingungen, also eine halbe Minute. Bei Uhren, die für das gewöhnliche Leben bestimmt sind, kommt auf eine so geringe Abweichung nichts an; allein bei solchen, deren sich die Astronomen bedienen, ist selbst ein Fehler dieser Art erheblich genug. So haben denn sinnreiche Köpfe schon vor langer Zeit auch ihn zu vernichten gesucht. Graham, ein Engländer, der in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts lebte, verfertigte seine Pendel, auf deren Länge die Temperatur keinen Einfluß ausüben sollte, aus Eben-, Fichten-, Tannen-, oder Nußbaum-Holze. Leider erzeugte die Feuchtigkeit, welche in die Poren des Holzes drang, andere Fehler. Um auch diesen Uebelständen vorzubeugen, versahen später einige Männer jene Graham'schen Pendel, nachdem sie dieselben zuvor getrocknet und in Leinöl gesotten hatten, mit einem Firnißanstriche. Ungleich besser, auch mehr im Gebrauche, als die beschriebenen, sind die ebenfalls zuerst von Graham angefertigten Rost- oder Compensations-Pendel. Denket euch mehrere Stangen von verschiedenem Metall, z. B. von Eisen und Messing, so mit einander verbunden, daß sich bei steigender Wärme die eisernen nach unten, die messingnen aber nach oben hin ausdehnen! Offenbar wird dadurch der Schwingungs-Mittelpunkt stets auf einerlei Stelle und das Pendel immer von derselben Länge erhalten. Jene gleichen, nach entgegengesetzten Richtungen sich äußernden Verlängerungen erreichte Graham dadurch, daß er die eisernen Stangen, welche die Pendellinse, das Gewicht des Pendels, zu tragen hatten, an ihrem obern, die messingnen hingegen an ihrem untern Ende befestigte. — Noch vorzüglicher, als Graham, machte Harrison im Jahr 1726 seine zusammengesetzten Rostpendel. Dieselben bestehen aus 9 runden Stäben, nämlich aus 4 kupfernen und 5 stählernen, und sind selbst noch heute fast bei allen astronomischen Uhren anzutreffen. Wie schön es mit der Gleichmäßigkeit ihrer Schwingungen steht, lehrt uns der Umstand genügend, daß eine Uhr dieser Art während eines ganzen Monats kaum um eine Sekunde von der richtigen Zeit abweicht. Dasjenige Rostpendel, von welchem ich euch hier eine Zeichnung entworfen

habe (Fig. 14.!) zählt der Stäbe 5, nämlich 3 stählerne: *ab*, *cd* und *pq*, und 2 aus Zink bereitete: *ny* und *xm*. Der Stab *pq*, welcher die Linse trägt, ist an den Querbalken *nx* befestigt. Wisset ihr nun, daß sich die Zinkstäbe ungefähr 2 Mal so stark ausdehnen, als die Stahlstäbe; so muß es euch auch einleuchten, daß die Linse *q*, wenn anders sämmtliche Stäbe in einem richtigen Verhältnisse zu einander stehen, durch letztere um eben so viel gehoben, als durch erstere gesenkt wird, oder daß der Schwingungspunkt selbst bei der verschiedensten Temperatur stets in derselben Entfernung vom Aufhängepunkte verharrt.

Fig. 14.



»Was hat uns endlich das Pendel Alles kennen gelehrt?« Höret!

»1. Nur das Pendel zeigt uns, wenn es ruhig hängt, die Richtung der Schwerkraft aufs genauste an.« — Alle Experimente, welche die Gelehrten hierüber angestellt haben, führten stets aufs neue zu dem Resultat, daß die Richtung derselben die lothrechte ist, und daß von ihr allein die Nähe ausgezeichnet hoher Berge eine kleine Abweichung bewirkt.

»2. Es bestätigt vollkommen die Behauptung, daß die Schwere unter dem Aequator geringer ist, als nach den beiden Polen hin, und daß sie auch mit der Entfernung von der Erde abnimmt.« — Wer wissen will, in welcher Weise es Dies thut, erwäge erstens, daß seine Schwingungen eine Wirkung der Schwerkraft sind; und zweitens, daß ihre größere oder geringere Geschwindigkeit allein von der genannten Kraft abhängt. Nun aber schwingt das Pendel auf hohen Bergen und unter dem Aequator wirklich etwas langsamer, als in Ebenen und in der Nähe der beiden Pole. So muß es denn auf hohen Bergen und unter dem Aequator etwas verkürzt, in recht tief gelegenen Ebenen und in der Nähe der Pole hingegen etwas verlängert werden*). In unsern Gegenden ist die Länge des einfachen Sekundenpendels ziemlich genau 38 preußische Zoll oder 3⅙ Fuß.

»3. Es macht uns ferner mit dem Wege bekannt, den ein Körper, welcher frei herabfällt, in der ersten Sekunde zurücklegt.« — Durch verschiedene Schlüsse, die ich hier übergehe, weil sie für euch zu schwer sind, läßt es sich nämlich schlagend darthun, daß wir nur die Länge des Sekundenpendels, also 38 Zoll, mit 4,9348.. zu multipliciren brauchen, um die Fallhöhe während der ersten Sekunde kennen zu lernen.

*) Als i. J. 1672 der französische Astronom Richer seine Pendeluhr zu Cayenne, das nur 5 Grad nordlich vom Aequator liegt, aufstellte, fand er, daß sie in 24 Stunden drittehalb Minuten nachging, und daß er, um den Fehler zu heben, das Pendel um 5/4 Linie verkürzen mußte; nach Paris zurückgekehrt, sah er sich genöthigt, letzteres, weil hier seine Uhr während eines Tages um 148 Sekunden voraus eilte, um jenes Stück wieder zu verlängern. Es hatte daher Newton die Meinung Galiläi's, »daß das Pendel an allen Oertern der Erde gleich schnell oscilliren müsse,« mit Recht bestritten.

Sind anders die Länge des einfachen Sekundenpendels und die Fallhöhe an demselben Orte unveränderliche Größen, woran wir gewissen Erfahrungen zufolge nicht zweifeln dürfen: so muß zwischen beiden ein genau bestimmtes, keiner Veränderung unterworfenes Verhältniß stattfinden.

»4. Es giebt ein vortreffliches Mittel ab, den Gang der Uhren gleichförmig zu machen.« — Kein anderer Nutzen des Pendels ist bekannter, allgemeiner, vielleicht auch größer, als er. Billig gedenke ich bei dieser Gelegenheit des hochberühmten Mannes, der zuerst auf den Gedanken kam, es mit den Uhren zu verbinden. Huyghens oder Hugenius ist sein Name, Holland sein Vaterland; die Erfindung selbst fällt in die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts. Vor Huyghens hatte man außer Sonnenuhren, die noch heute gebraucht werden, nur Sand- und Wasseruhren, welche aber auf den Namen der Uhren, weil sie allzu unvollkommen waren, kaum Anspruch machen konnten. Abgerechnet den Einfluß der Temperatur und den Widerstand der Luft, welcher letztere jedoch durch die linsenförmige Gestalt des untern Körpers sehr verringert wird, giebt es fast nichts, was bei der Anwendung des Pendels in dem Gange unserer Uhren Unrichtigkeiten veranlaßt (mit Rücksicht auf die Temperatur denket an die Rost- oder Compensations-Pendel zurück!). Zu welcher bewundernswürdigen Vollkommenheit es die Künstler in der Verfertigung der Uhren gebracht haben, zeigt uns unter andern die Pendeluhr, welche sich auf der Sternwarte zu Altona befindet; es weicht nämlich dieselbe in 24 Stunden, wie durch eine fünfjährige Beobachtung dargethan worden ist, kaum um eine Sekunde ab.

§. 7.

Die Bewegungen der Körper vermittels des Anstoßes.

Noch liegt die eine elfenbeinerne Kugel auf der Mitte des Tisches; ob sie aber in dem bezeichneten Zustande verharren werde, wenn ich an sie eine zweite schlagen lasse, lehre euch mein erstes Experiment. Ich setze ferner 2 Kugeln zugleich in Bewegung, und zwar so, daß sie auf einander zulaufen und sich gegenseitig treffen. Die Resultate beider Versuche sind wirklich zu einfach, als daß ich sie erst in Worte zusammenfassen sollte; ich theile euch daher sofort die Belehrungen mit, welche ihnen folgen müssen.

»1. Treffen zwei Körper dergestalt auf einander, daß der **eine** seine Bewegung nicht fortsetzen kann, ohne den zweiten aus seiner Stelle zu verdrängen: so bilden sie in dem Augenblick ihres Anschlagens einen Stoß.«

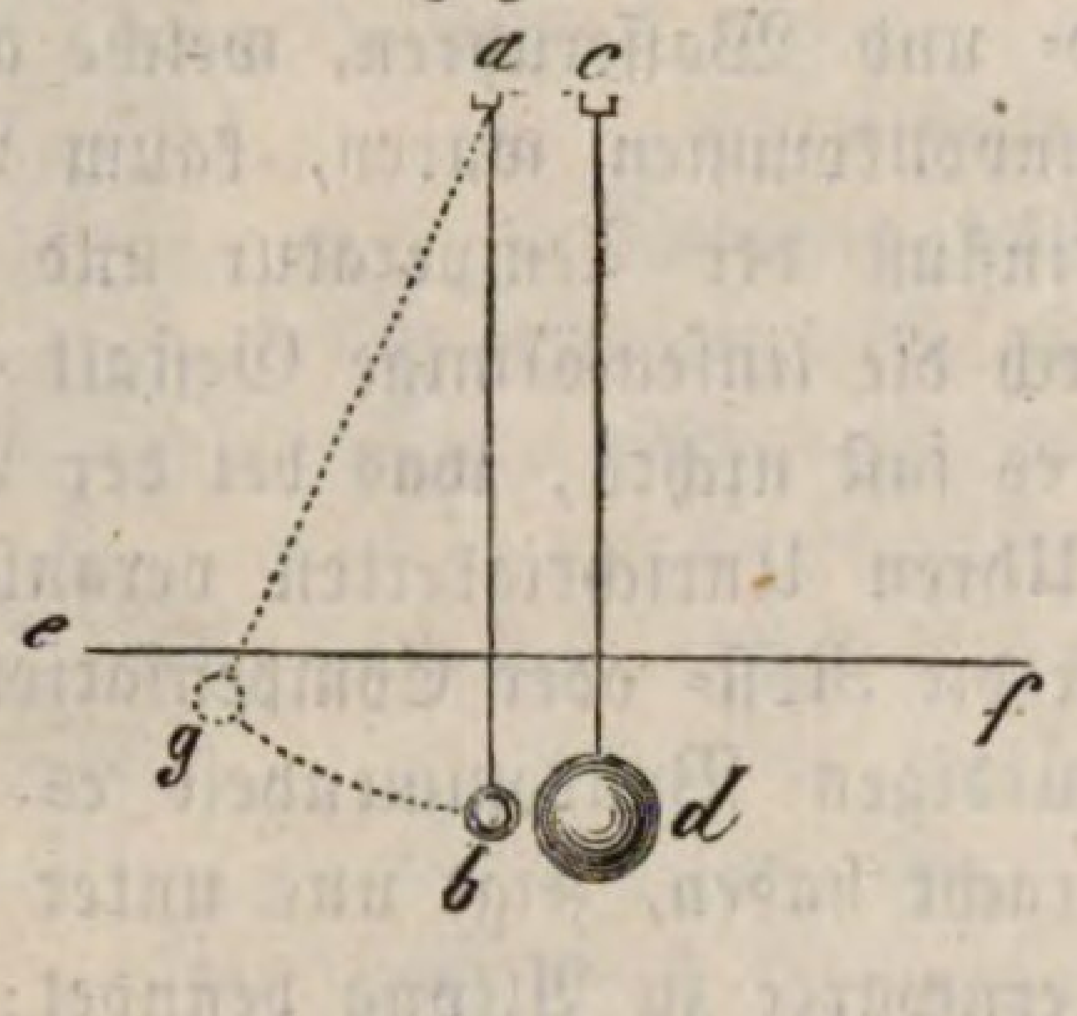
»2. Die Erscheinungen, welche durch den Stoß hervorgerufen werden, sind sehr verschieden und hängen nicht minder von der Richtung der bewegten Körper, als von der Masse, Gestalt, Elasticität, Geschwindigkeit, Cohäsions-Kraft u. s. w. derselben ab.« — Bei meinen Untersuchungen über den Stoß darf ich hier nur die Richtung, die Masse und die Elasticität der Körper in Erwägung ziehen.

»3. Der Stoß ist entweder central, oder excentrisch; gerade, oder schief.« — Central heißt er dann, wenn die Körper in derjenigen

geraden Linie, die wir uns durch ihre Schwerpunkte gezogen denken können, nicht nur sich bewegen, sondern auch ihren Anstoß vollführen; gerade, wenn ihre Flächen da, wo sie sich treffen, auf der Richtungslinie senkrecht sind. — »Wer sagt mir nun, wie es sich mit einem excentrischen und einem schiefen Stoße verhält?«

»4. Alle Werkzeuge, deren wir uns zur Veranschaulichung der Gesetze über den Anstoß der Körper bedienen, führen den Namen Schlag- oder Percussions-Geräthschaften.« — Zu ihren nothwendigen Theilen gehören wenigstens 2 Pendel und eine Geschwindigkeits-Skala. Erstere, *ab* und *cd* (sehet Fig. 15!), besitzen eine gleiche Länge, und hängen so neben einander, daß sich *b* und *d*, d. h. ihre der Schwere vorzugsweise unterworfenen Körper, nur schwach berühren; letztere ist entweder auf einen geraden Stab, *ef*, oder auf 2 Bogen, die von *a* und *c* aus beschrieben werden, bezeichnet. Hier seht ihr ein solches Instrument! Bis zu welchem Punkte hin ich auch das eine seiner beiden Pendel emporheben möge (es geschehe jetzt beispielsweise bis zu *g*); stets zeigt uns daselbst eine Zahl an, welche Geschwindigkeit das Pendel in dem untersten Punkte seiner Bahn, mithin auch in dem Augenblicke, da es an das andere Pendel stößt, erhalten wird. Mehr bedarf es nicht, euch zu überzeugen, wie wir vermittels einer solchen Geräthschaft jede Erscheinung des Anstoßes leicht beobachten und beurtheilen können.

Fig. 15.



a. Der gerade Stoß.

α. Der gerade Stoß unelastischer Körper.

Was in dem Augenblikke geschehen muß, da zwei in allen Stükken völlig gleiche unelastische Kugeln mit gleichen Geschwindigkeiten gerade auf einander stoßen, kann Keinem fremd sein, der da weiß, daß im Allgemeinen Wirkung und Gegenwirkung zwar gleich, aber sich entgegengesetzt sind. Offenbar werden ihre Geschwindigkeiten vernichtet und sie selbst in den ruhenden Zustand zurückgebracht. Wie ganz anders ist die Erscheinung, wenn die Kugeln, bei übrigens sonst gleichen Umständen, mit verschieden großen Geschwindigkeiten auf einander treffen! In diesem Falle gehen sie nämlich, sobald sie ihren geraden Stoß gebildet haben, in der Richtung derjenigen Kugel weiter fort, welche mit der ansehnlichern Geschwindigkeit einhergerollt kam. Völlig Dasselbe bieten uns 2 solche Kugeln dar, die zwar in ihren Geschwindigkeiten, nicht aber auch in ihren Massen mit einander übereinstimmen. Ueberleget zuletzt noch, obwol es möglich sei, daß auch Kugeln von ungleichen Massen und verschiedenen Geschwindigkeiten ihre Bewegungen im Moment des Anstoßes gegenseitig aufheben können! Stellet euch nur hierbei zuvörderst 2 Kugeln vor, deren Massen wie 2 zu 1, deren Geschwindigkeiten aber, gerade umgekehrt, wie 1 zu 2 sich zu einander verhalten! Nur Betrachtungen dieser und ähnlicher Art, verbunden mit einigen, wenngleich hier mangelhaften Experimenten, haben schon längst zur Entdekkung des nachfolgenden Gesetzes geführt:

»Zwei unelastische Körper, die in entgegengesetzten Richtungen auf einander treffen, zerstören in dem Augenblikke des geraden Anstoßes ihre Bewegungen gegenseitig, wenn ihre Massen den Geschwindigkeiten umgekehrt proportional sind, oder, mit andern Worten ausgedrückt, wenn die Geschwindigkeit des kleinern Körpers ein eben so genaues Vielfaches von der Geschwindigkeit des größern ist, als die Masse dieses von der Masse jenes Körpers.« »Was urtheilt ihr nun wol über die Größe der Bewegungen der vier Kugeln *a*, *b*, *c* und *d*, wenn nämlich *a* 16 Pfund, *b* 8 Pfund, *c* 4 Pfund und *d* 2 Pfund wiegt, und wenn ferner während einer Sekunde die erste Kugel nur 1 Fuß, die zweite aber 2 Fuß, die dritte 4 Fuß und die vierte 8 Fuß zurücklegt?« Die Produkte 16.1, 8.2, 4.4 und 2.8, auf welche ihr bei eurer Untersuchung gelangt, und die bekannter Maßen alle einander gleich sind, bezeichnen die Größen der Bewegung, oder, wie wir gewöhnlich zu sagen pflegen, die Quantitäten derselben.

Damit ihr noch mit einem hierher gehörigen Gesetze bekannt werdet; so erwäget wohl, daß bei dem Anstoße unelastischer Körper einerseits keine neuen Kräfte in Thätigkeit kommen, und andererseits die eine der beiden Kugeln, welche zuletzt den geraden Stoß bilden, der andern anfangs entweder nachfolgt, oder entgegenläuft! Jene Erscheinung ist offenbar die leichter aufzufassende; sie beschäftige uns daher auch zuerst. —

Von den beiden Kugeln, welche den Anstoß bilden sollen, heiße die vorangehende *a*, die ihr nachfolgende *b*; jene ferner wiege 7 Pfund und lege während einer Sekunde nur einen 2 Fuß langen Weg zurück; diese sei zwar nur 3 Pfund schwer, komme aber auf ihrer Bahn in derselben Zeit 12 Fuß vorwärts. Vor dem Anstoße ist daher die Größe der Bewegung bei Kugel $a = 7 . 2 = 14$; bei Kugel $b = 3 . 12 = 36$; bei *a* und *b* zusammen $= 14 + 36 = 50$. Es fragt sich nun: »wie steht es mit der Größe der Bewegung, nachdem die kleinere Kugel *b* die größere *a* erreicht oder angestoßen hat?« Da sich die Massen der Kugeln *a* und *b* wie 7 zu 3 zu einander verhalten; so muß *b* 7 Fuß an Geschwindigkeit verlieren, während *a* 3 Fuß gewinnt, und jede der Kugeln fortan mit einer Geschwindigkeit, die wir zufolge unserer Annahme mit 5 bezeichnen können, hinter einander herrollen. Die Quantität der Bewegungen ist mithin nach dem Anstoße bei $a = 7 . 5 = 35$; bei $b = 3 . 5 = 15$ und bei *a* nnd *b* zusammengenommen $= 35 + 15 = 50$. So ist denn die Summe der Bewegungen, wenn die Körper einander folgen, vor und nach dem Anstoße dieselbe.

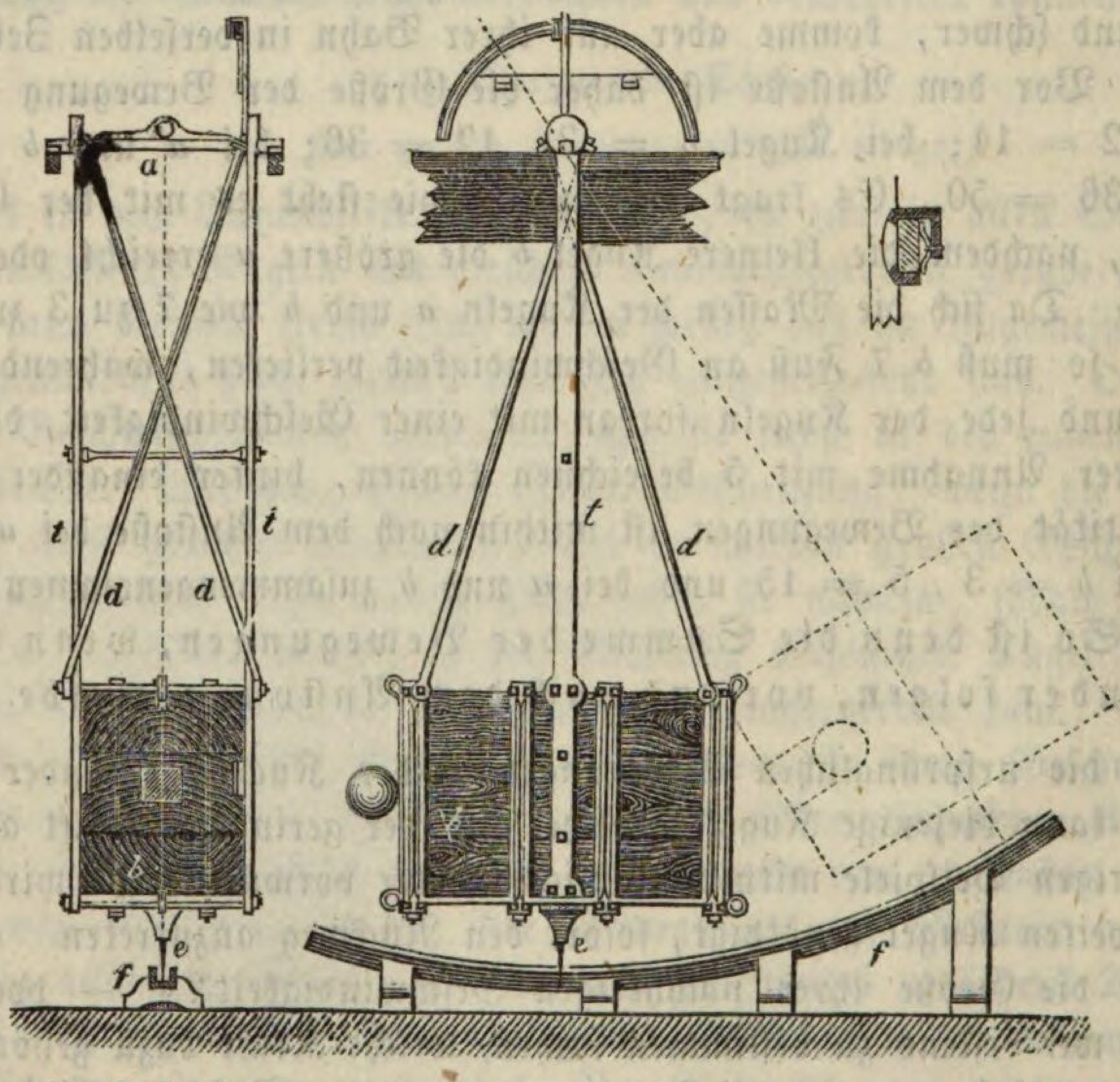
Sind die ursprünglichen Bewegungen beider Kugeln einander entgegengesetzt: so kann diejenige Kugel, welche mit der geringern Kraft anlangt, in unserm vorigen Beispiele mithin *a*, nicht weiter vorwärts; sie wird vielmehr von der zweiten Kugel genöthigt, sofort den Rückweg anzutreten. »Wie aber finden wir die Größe ihrer nachherigen Geschwindigkeit?« — doch wol dadurch, daß wir erstens zu bestimmen suchen, welche Kraft dazu gehört, sie zum Stillstande zu bringen; und daß wir zweitens den Rest der Geschwindigkeit der Kugel *b* so auf beide Kugeln vertheilen, daß sie nach dem Anstoße mit gleichen Geschwindigkeiten dahin rollen. Der hierher gehörige Satz lautet:

»Der Unterschied zwischen den beiden Bewegungs-Quantitäten vor dem Anstoße ist der Summe der Bewegungs-Quantitäten nach demselben gleich, wenn die Körper in entgegengesetzter Richtung auf einander treffen.«

Aus dem Allen, was ich euch bisher erläutert habe, geht klar hervor, daß z. B. eine abgeschossene Flintenkugel selbst dem härtesten Felsen eine Bewegung mittheilen müsse. Freilich aber wird die Geschwindigkeit derselben sehr gering ausfallen. Denket euch einen Steinblock von 500 Pfund Schwere; ferner eine Flintenkugel, die nur $1/_{20}$ Pfund wiegt und mit einer Geschwindigkeit von 1000 Fuß in der Sekunde einhergeflogen kommt! Unter solchen Umständen würde die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße, wie ihr euch leicht berechnen könnt, nur 1 Zoll in der Sekunde sein. Wenn wir nun aber an dem Steinblocke gar keine Bewegung wahrnehmen: so liegt Dies allein darin, daß sie sich allmälig jedem benachbarten Körper, endlich der ganzen Erdmasse mittheilt und so für unser Anschauungsvermögen verschwindet. Immer ist da, wo die eine Bewegung aufgehoben werden soll, eine andere Bewegung nöthig; gewisse Widerstände können letztere zwar vertheilen, keinesweges aber im Nu zerstören oder auslöschen.

Zum Schlusse mache ich euch noch mit einem Apparate bekannt, der uns, obgleich er sonst von keiner besondern Wichtigkeit ist, deutlich lehrt, wie man zu einer genauen Kenntniß großer Geschwindigkeiten gelangt. Derselbe führt den Namen ballistisches Pendel. Als seine wichtigsten Theile gelten: 1. eine eiserne Achse, *a* (Fig. 16!); 2. zwei gerade, *t*, und vier schräge Stan-

Fig. 16.



gen, *d*; 3. ein Holzblock von bedeutendem Gewichte, der mit Eisen beschlagen und vermittels der 6 Stangen an jener Achse aufgehängt ist; 4. eine Spitze, *e*, welche die kreisförmige Rinne *f* durchläuft und ihre Spur in weiches Wachs

zeichnet; endlich 5. eine Kugel, die ihre Geschwindigkeit der bezeichneten Masse mitzutheilen hat. Das Pendel ist gewöhnlich 10 bis 12 Fuß lang und 1500 bis 2000 Pfund schwer. Gesetzt nun, es sei das Pendel von einer Kugel in der Richtung des Schwerpunktes getroffen worden; dann haben wir, um die Geschwindigkeit derselben in dem Moment des Anstoßes kennen zu lernen, nur nöthig, die Kraft, welche das Pendel forttrieb, mit der Länge der Spur, die es in der Rinne zurückließ, zu vergleichen.

β. Der gerade Stoß elastischer Körper.

Meine Percussions-Geräthschaft ist so eben mit zwei gleich großen Kugeln von Elfenbein begabt. Ich bringe nun die eine Kugel beispielsweise auf den zwanzigsten Grad der Geschwindigkeits-Skala und lasse sie hierauf an die andere schlagen. Wie merkwürdig! in dem Augenblikke des gegenseitigen Anstoßes verharrte jene Kugel in der Vertikal-Linie ihres Aufhängepunktes; diese hingegen, welche sich bisher in völliger Ruhe befunden hatte, schwang nach der entgegengesetzten Richtung hin und erreichte hier fast genau den zwanzigsten Grad. — Ich lasse ferner beide Kugeln, und zwar erstens von gleichen, zweitens aber von verschiedenen Höhen, auf einander treffen. Vorausgesetzt, daß ihr wieder treu beobachtet habt, kann es euch nicht entgangen sein, daß sie in diesem Fall ihre Geschwindigkeiten vertauschten, und in jenem die Höhen, von denen sie herabgefallen waren, wieder erreichten. — Noch interessanter, als mit 2, sind die Experimente mit 3, 4, 5 und mehrern Kugeln. So nehme ich denn sämmtliche elfenbeinerne Kugeln, die mir zu Gebote stehen (es sind deren 6) und hänge sie an meiner Geräthschaft so neben einander, daß sie sich gegenseitig nur gelind berühren. Dann hebe ich die erste Kugel auf und lasse sie gegen die zweite schlagen. »War es nicht recht sonderbar, daß nach dem Anstoße jede mittlere Kugel in Ruhe blieb, und daß nur die letzte mit derselben Geschwindigkeit, die ich der ersten mitgetheilt hatte, in die Höhe flog?« Nicht blos die letzte, sondern auch die ihr zunächst hängende Kugel steigt empor, wenn ich die beiden ersten Kugeln zugleich auf irgend einen Grad der Geschwindigkeits-Skala bringe und den Anstoß bilden lasse.

Um euch mit den Ursachen aller dieser Erscheinungen bekannt zu machen, weise ich euch zuvörderst noch ein Mal auf den Einfluß hin, den zwei unelastische Kugeln in dem Augenblikke ihres Zusammentreffens auf einander ausüben. Er besteht bekanntlich darin, daß erstens ihre Massen sich gegenseitig zusammendrükken, daß zweitens ihre Mittelpunkte einander näher kommen, und daß drittens ihre Geschwindigkeiten vollkommen gleich werden. Ganz Dasselbe findet zwar auch bei dem geraden Stoß elastischer Kugeln Statt; allein bei den letztern endet hiermit der Einfluß noch nicht, sondern es tritt gleichsam noch sein zweiter Theil hinzu. Kraft der Elasticität, die sie besitzen, fahren nämlich die Kugeln, weil sie ihre vorige Gestalt wieder zu erhalten suchen, aus einander; kurz, alle Erscheinungen des ersten Theiles kehren in dem zweiten Theile in umgekehrter Ordnung zurück. — Nach diesen allgemeinen Erörterungen komme ich nun weiter auf jedes meiner früher angestellten Experimente zu sprechen. — Angenommen, es treffe die eine Kugel die andere, welche ruht, mit der Geschwindigkeit von 4 Fuß; dann besteht die erste Wirkung des Stoßes darin, daß beide Kugeln die Geschwindigkeit von 2 Fuß er-

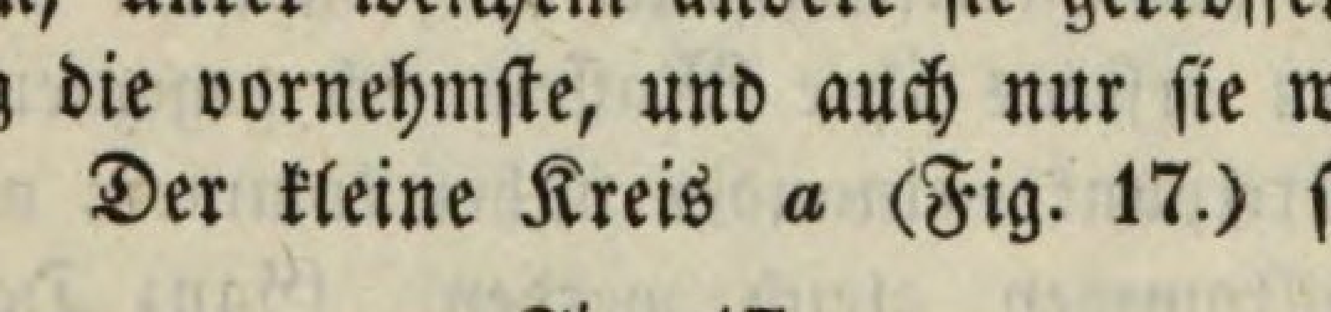
halten; die zweite, daß die anstoßende Kugel selbst noch diese 2 Fuß Geschwindigkeit an die ursprünglich ruhende abgiebt. Es vertauschen mithin die Kugeln ihren Zustand in der That. Bei meinem zweiten Experimente komme beispielsweise die Kugel *a* mit 6 Fuß, die andere, *b*, aber mit 8 Fuß Geschwindigkeit an. Abgesehen von ihrer elastischen Kraft, erhält daher, wann sie einander treffen, jene Kugel 1 Fuß Geschwindigkeit mehr, diese 1 Fuß Geschwindigkeit weniger; dieselbe berücksichtigend, muß sich bei *a* der Gewinn, bei *b* der Verlust noch außerdem um 1 Fuß Geschwindigkeit erhöhen (wieviel Fuß Geschwindigkeit haben also *a* und *b* nach dem Anstoße, und wieviel Fuß Geschwindigkeit besaßen sie vor demselben?). Merket! »Diese Vertauschung der Geschwindigkeiten tritt bei allen sich völlig gleichen Kugeln ein.« — Hängen 4, 5 oder 6 gleiche Kugeln an der Percussions-Geräthschaft, und lassen wir blos die erste an die übrigen schlagen; so giebt diese im Nu des Stoßes ihre Geschwindigkeit an die zweite, die zweite an die dritte, die dritte an die vierte u. s. w. ab, und nur die letzte, welche gleichsam das erhaltene Geschenk keinem Nachbar mehr abtreten kann, steigt nach der entgegengesetzten Seite empor. Das Verhältniß zwischen den beiden ersten Kugeln wiederholt sich daher bei jeden zwei nachfolgenden aufs genaueste. Stimmen übrigens die Erfolge mit unsern Erwartungen und Berechnungen nicht immer streng überein: so ist Dies zum Theil dem Widerstande der Luft, zum Theil aber auch dem Umstande zuzuschreiben, daß es uns an vollkommen elastischen Körpern gebricht. »Wer sagt mir nun noch, wie sich ein fester elastischer Körper, der senkrecht und central gegen einen Felsen oder Steinblock trifft, nach dem Anstoße verhält?«

b. Der schiefe Stoß.

An Gelegenheit, die Wirkungen des schiefen Stoßes anschaulich kennen zu lernen, fehlt es uns nicht; denn jede Billardstube, in der geübte Spieler in Thätigkeit sind, weist uns wiederholt auf sie hin. Leider giebt es nur bei diesem Stoße der schwierigen Fälle allzu viel! Was wir übrigens auf einem Billardtische stets zuerst beobachten können, ist die merkwürdige Erscheinung, daß sämmtliche elastische Kugeln unter einem genau so großen Winkel abspringen, unter welchem andere sie getroffen haben. Diese Erscheinung ist unstreitig die vornehmste, und auch nur sie werde ich hier zu erklären suchen.

Der kleine Kreis *a* (Fig. 17.) stelle eine elastische Kugel vor; *cd* eine Wand von derselben Beschaffenheit; *ba* endlich den Weg, welchen die Kugel bis zur Wand hin verfolgt. Zerfälle ich nun die Linie *ba*, welche uns ein Bild von der Stärke des Stoßes abgeben möge, in zwei Kräfte, deren eine, *fa*, mit der Wand *cd* parallel ist, und deren andere, *ea*, auf derselben senkrecht steht; so wird es uns klar, daß die Kugel *a* nach ihrem Anstoße nur die Richtung *ah* einschlagen kann. Träfe sie nämlich in der Richtung *ea* auf die elastische Wand *cd*: so müßte sie auch wieder, wie bei jedem

Fig. 17.

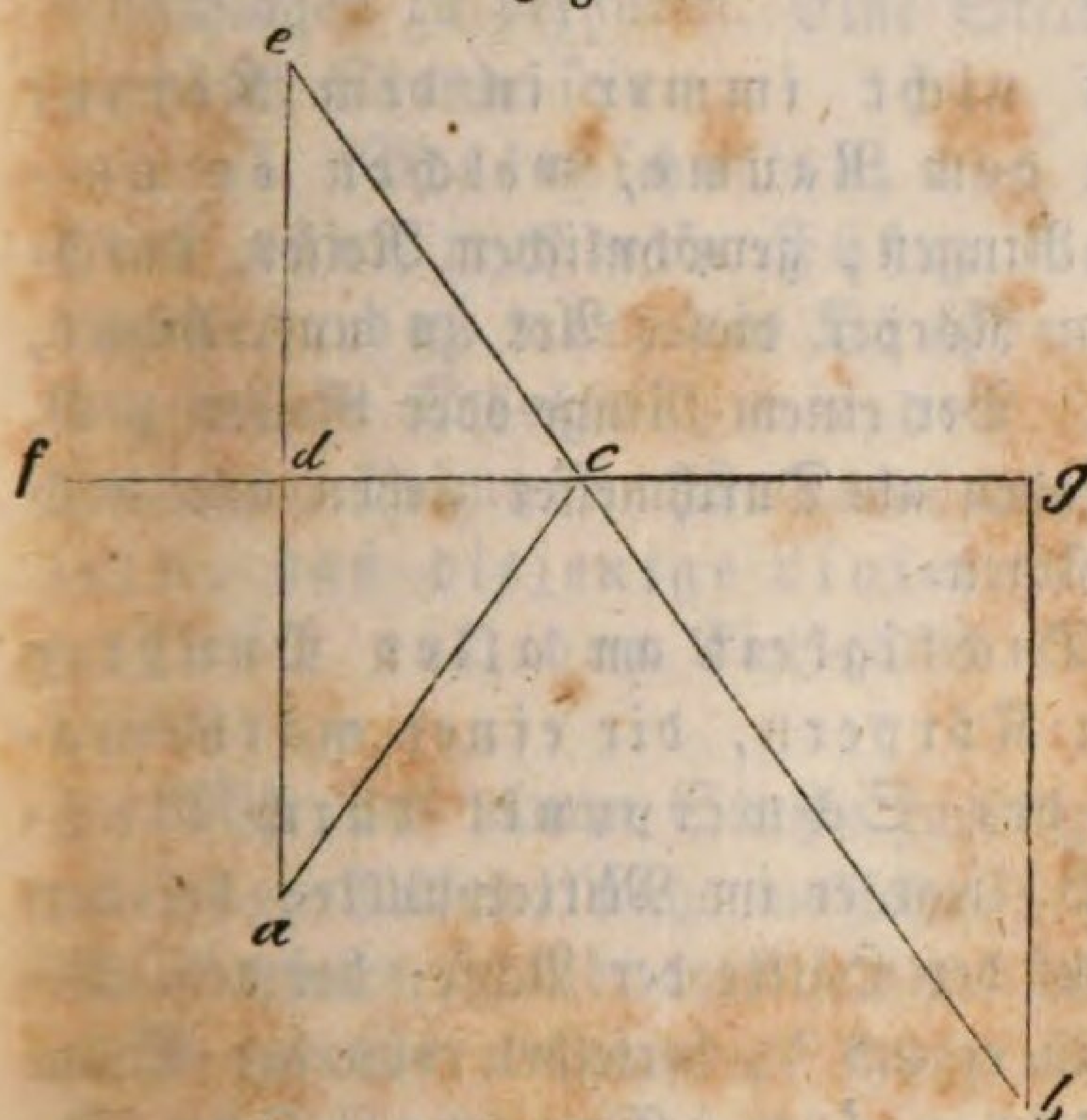


andern geraden Anstoße, in derselben Richtung zurück: käme sie ferner mit *cd* gleichlaufend einhergerollt; so verbliebe sie ununterbrochen, weil ihr hier kein Hinderniß entgegentritt, in der einmal eingeschlagenen Bahn. Solche Kräfte, die nach dem Anstoße in Thätigkeit kommen, wirken nur in den Richtungen *ea* und *ga*. Mehr bedarf es auch hier nicht, euch zu überzeugen, daß die Kugel *a*, nachdem sie die elastische Wand *cd* getroffen hat, in der Richtung von *ah* dahinrollen muß. — »Vergleichet nun zum Schlusse die Winkel *bae* und *hae* mit einander! jener, als aus der Einfallsrichtung *ba* und dem Lothe *ea* gebildet, heißt der Einfallswinkel; dieser, welcher aus der Zurückwerfungsrichtung *ha* und demselben Lothe *ea* entstanden ist, der Zurückwerfungswinkel. Beide Winkel sind offenbar von gleicher Größe.

Aufgabe. Denjenigen Punkt zu finden, welchen eine Kugel in einer festen Wand, wenn sie nach ihrem Abprallen einen bestimmten andern Punkt treffen soll, nothwendig berühren muß.

Auflösung. Gesetzt, die Kugel *a* (Fig. 18!) sollte von uns so gestoßen werden, daß sie, von der festen Wand *fg* zurückgeworfen, an den Punkt *b* schlägt; dann haben wir nur nöthig: 1. die Senkrechte *ad* so zu verlängern, daß $de = ad$ ist, und 2. die Punkte *e* und *b* durch eine gerade Linie, *eb*, mit einander zu verbinden. Der Durchschnittspunkt *c* ist der zu suchende Punkt.

Fig. 18.



Beweis. Die Dreiekke *adc* und *edc* sind so beschaffen, daß sie, auf einander gelegt, sich gegenseitig dekken. Hieraus aber folgt die Gleichheit der beiden Winkel *acd* und *ecd*. Da endlich *ecd* auch $=$ *bcg* ist, so müssen offenbar die Winkel *acd* und *bcg*, mithin auch der Einfalls- und der Zurückwerfungswinkel, eine gleiche Größe besitzen.

§. 8.

Der Schwerpunkt der Körper.

Von den verschiedenen Dingen, mit denen ihr heute unsern Klassentisch beschenkt seht, führe ich zuerst mein Lineal auf der Spitze dieses senkrecht befestigten Stiftes so lange umher, bis ich den Punkt gefunden habe, auf dem es vollkommen wagerecht schwebt, oder sich, wie ich mich fortan gewöhnlich ausdrükken werde, im Gleichgewichte erhält. Dasselbe thue ich ferner mit meiner kreisrunden Scheibe. Zuletzt greife ich auch noch nach meinem Spazierstock, und bemühe mich, ihn auf einer Fingerspitze ins Gleichgewicht zu bringen. Wie wir diese Dinge, balanciren geübte Leute auf einem Finger eine Reitpeitsche an deren innerm Ende, auf ihrer Nase einen Degen, oder eine

hölzerne Röhre, an jeder Stelle des Randes einen Bogen Papier u. s. w. Daß es übrigens viel Mühe verursacht, irgend einen Körper nicht nur in die bezeichnete Lage zu versetzen, sondern auch in derselben zu erhalten, haben euch selbst meine geringfügigen Experimente mit der Scheibe, dem Lineal und dem Spazierstokke genügend gezeigt. Merket hierzu:

»1. In jedem festen Körper findet sich ein Punkt, der denselben, auf irgend eine Weise unterstützt, vor dem Fallen sichert oder ihn im Gleichgewichte erhält. Dieser Punkt heißt der **Mittelpunkt der Schwere** oder der **Schwerpunkt des Körpers.**« In ihm können wir uns das Gesammtgewicht aller Moleküle eines Körpers vereinigt vorstellen.

2. Hütet euch, den Mittelpunkt der Schwere mit dem Mittelpunkte der Größe zu verwechseln!« — Nur bei solchen Körpern, die überall eine gleiche Dichtigkeit besitzen, fallen beide Punkte zusammen; bei allen übrigen hingegen, beispielsweise bei einer Axt mit einem hölzernen Stiele, bei gewöhnlichen Messern, Gabeln u. s. w., ist ersterer stets den dichtern Theilen näher gerückt.

»3. Der Schwerpunkt liegt nicht immer in dem Körper selbst, sondern zuweilen auch in dem Raume, welchen er umschließt.« — Letzteres ist offenbar bei Ringen, gewöhnlichen Reifen, durchbohrten Cylindern u. dgl. der Fall. Um Körper dieser Art zu unterstützen, müssen wir gewisse Vorkehrungen treffen. Bei einem Ringe oder Reifen z. B. bestehen sie darin, daß wir den einen Faden als Durchmesser ziehen und noch einen andern genau in seiner Mitte befestigen.

»4. Vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit an allen Punkten dieselbe ist, läßt sich bei solchen Körpern, die einer mathematischen Bestimmung fähig sind, der Schwerpunkt durch Rechnung finden.« — Bei der Kugel z. B. liegt er im Mittelpunkte; bei dem Cylinder und dem senkrechten Prisma auf der Hälfte der Achse; bei dem Kegel zwar auch in der Achse, doch so, daß er um $^3/_4$ derselben von der Spitze und nur um $^1/_4$ von der Grundfläche absteht, u. s. w. Eine sehr einfache Methode, den Schwerpunkt völlig unregelmäßiger Körper zu bestimmen, ist folgende:

Fig. 19.

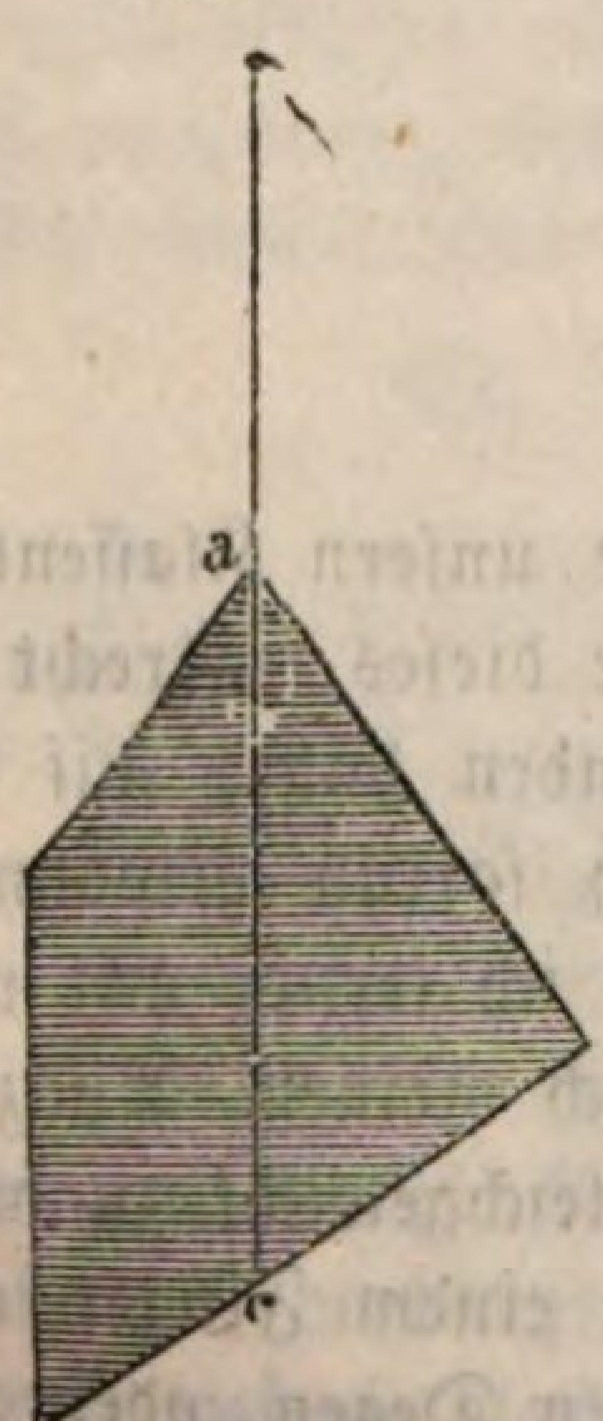
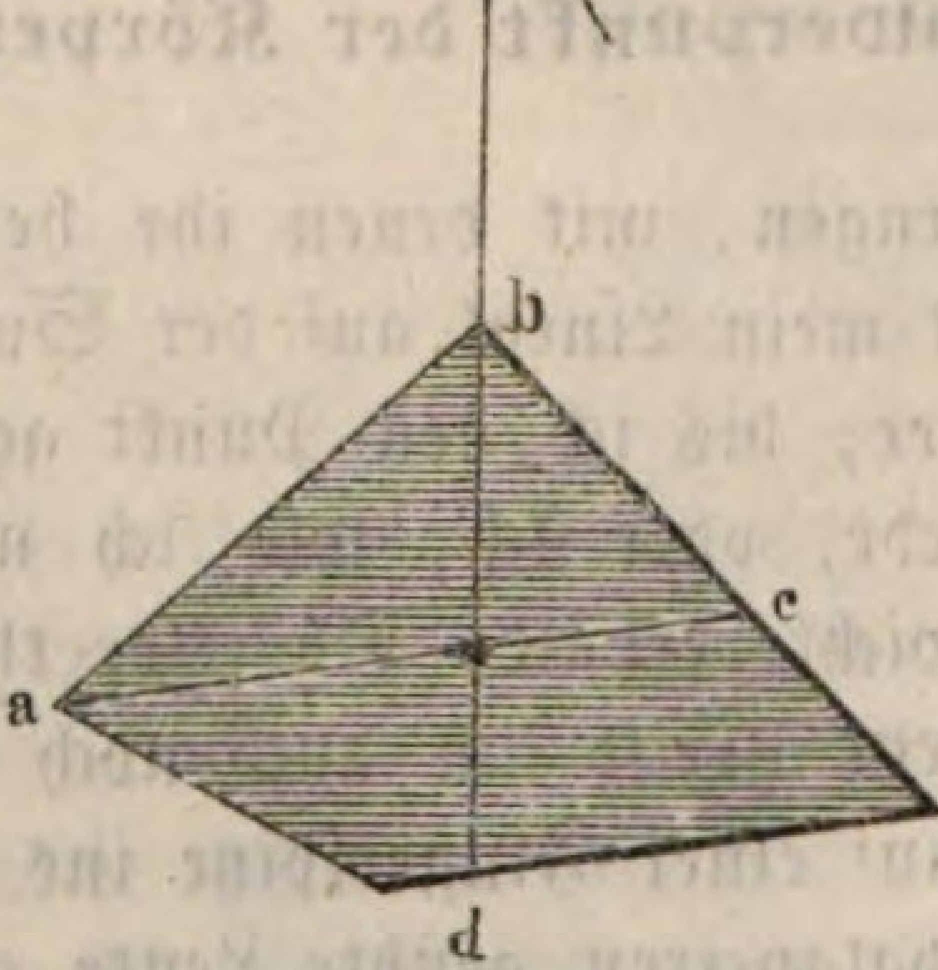


Fig. 20.



Man hänge den Körper an einem Punkte *a* (Fig. 19 und 20!) auf, und markire die Stelle, wo aus ihm der Faden, von dem er getragen wird, hervortritt, folglich *c*. Offenbar liegt der Schwerpunkt in der Linie *ac*. Hierauf bringe man den Faden an einer andern Stelle, etwa in *b*, an, spanne ihn, wie vorhin, und bezeichne die Richtung *pq*. Da sich der Schwerpunkt auch in dieser zwei-

ten Linie findet; so kann es natürlich kein anderer Punkt sein, als der, in welchem sich die Linien *ac* und *bd* durchschneiden. Leider setzt uns die Verlängerung des vertikalen Fadens durch das Innere der Körper nur allzu oft fast unbesiegbare Hindernisse entgegen.

»5. Ist die Gestalt eines Körpers, wie bei Menschen und Thieren, veränderlich; so verharrt auch der Schwerpunkt nicht immer auf einerlei Stelle.« — Bei einem solchen Menschen, der fehlerfrei gebildet ist, aufrecht steht und beide Hände herabhangen läßt, liegt er ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Hüftknochen, und diejenige Linie, welche, von ihm aus gezogen, die Oberfläche der Erde lothrecht trifft, zwischen den Beinen.

»6. Leichte und kurze Körper lassen sich übler balanciren, als schwere und lange:« leichte, weil wir bei ihnen die Stelle des Schwerpunktes nicht gut bemerken; kurze, weil deren Schwerpunkt, wann sie zu fallen anfangen, einen Bogen von allzu geringem Halbmesser beschreibt, und uns daher nur wenig Zeit verstattet, die Basis unterzuschieben und das Umschlagen zu verhüten. Eine Stecknadel dürfte vielleicht Niemand zu balanciren im Stande sein.

»7. Geräthschaften, die, wie Tische, Bänke, Stühle u. s. w., mit drei oder mehrern Füßen versehen sind, lehren uns endlich kennen, daß wir, um Körper vor dem Fallen zu bewahren, auch an solche Stellen, die den Schwerpunkt umgeben, die Unterstützung bringen können; nur müssen diese immer so gewählt sein, daß diejenige Linie, welche den Schwerpunkt trifft und zugleich auf der Erd-Oberfläche lothrecht steht, zwischen sie fällt.«

Wer auf einem Stuhle zurückgelehnt dasitzt, kann, ohne sich etwas vorwärts zu bükken, nicht aufstehen; er muß vielmehr seinen Schwerpunkt, ehe ihm Letzteres erlaubt wird, über die Füße hinaus gebracht haben. Eben so ist er, wenn er kerzengrade steht, also sich weder auf die eine, noch auf die andere Seite neigt, gleichsam wie auf seine Stelle gebannt. Trägt er ferner auf dem Rükken eine Last; so beugt er sich, damit die Richtungslinie derselben mit der seines eigenen Körpers nahe zusammenkomme, nach vorn hin. Dasselbe thut er bei dem Hinansteigen eines Berges auch unbelastet. Wollte er unter den bezeichneten Umständen den Leib gerade in die Höhe halten; so würde die Richtungslinie über die Fersen, also über die Grundfläche, hinausrükken und er selbst nicht ohne Gefahr nach hinten fallen. Wie ganz anders ist die Stellung eines Mannes, der seine Last, etwa eine Gießkanne voll Wasser, in der einen Hand trägt! stets neigt derselbe seinen Oberkörper, wie ihr es hier im Bilde seht (Fig. 22!), nach der entgegengesetzten Seite hin. Eben so natürlich ist der erste Mann mit seiner Rükkenbürde (Fig. 21!) gezeichnet. Menschen, die ihre Lasten auf dem Kopfe tragen, gehen gerade aufrecht, damit theils die in wenigen Punkten unterstützte Bürde nicht herabfalle, theils der sehr hinaufgerückte Schwerpunkt des oben belasteten Körpers nicht zu weit nach vorn zu liegen komme; sie machen ferner kleine Schritte, daß ihre Bewegung möglichst gleichmäßig sei und die Last nicht etwa über den Kopf hinwegspaziere. — Die bekannte Verhaltungsregel, auf einem Wagen, der umzu-

stürzen droht, ruhig sitzen zu bleiben, also nicht, am wenigsten nach der geneigten Seite hin, aufzustehen, erklärt sich ebenfalls aus der Lage des Schwerpunktes; denn dieser rückt höher, sobald wir uns erheben, und vergrößert dadurch die Kraft, welche das Umstürzen des Wagens erzielt. Auf der Lage des

Fig. 21.



Fig. 22.



Schwerpunktes beruht auch das Feststehen und das Zurückkehren zur aufrechten Stellung der gewöhnlich aus Hollundermark verfertigten und an der Basis mit Blei beschwerten menschlichen Figuren. Bei ihnen befindet sich der mehr beregte Punkt, weil der obere Theil sehr leicht ist, in der bleiernen Halbkugel, und hat daher bei der aufrechten Stellung eine niedrigere Lage, als in jeder andern. Recht interessante, gleichfalls hierher gehörige Spielwerke sind ferner der chinesische Treppenläufer; das Aufwärtsrollen eines Cylinders auf der geneigten Ebene; der scheinbar auch aufwärts gehende Doppelkegel, der sich zwischen zwei schiefen Flächen befindet; der Mann mit der Säge; die Lampe des Cardanus; das Balanciren zweier Gabeln, die an einem Hölzchen stekken u. dgl. m. — Ersterer ist eine männliche Figur in chinesischer Tracht, der, oben auf eine eigends für ihn gebaute Treppe gestellt, von einer Stufe zur andern Burzelbäume schlägt; die Lage des Schwerpunktes ändert sich bei ihm durch Quecksilber, das in seinem ausgehöhlten Körper von einem Theile zum andern fließt. — Bei einem Cylinder, der eine schiefe Ebene aufwärts rollt, liegt der Schwerpunkt nicht, wie gewöhnlich, in der Mitte, sondern am Rande. Hier ist nämlich etwas Blei angebracht. Wird daher der Cylinder so auf die geneigte Ebene gesetzt, daß sich das Blei gegen die obere Hälfte derselben kehrt; so muß er sich nothwendig, weil die Vertikal-Linie durch den Schwerpunkt oberhalb des Berührungspunktes geht, nach dieser Seite hin bewegen. Uebrigens rollt er stets nur bis zu derjenigen Stelle fort, wo sein Schwerpunkt mit der schiefen Ebene in Berührung kommt. Eine kreisrunde Schachtel, in deren innerm Umfange wir eine Bleikugel befestigt haben, ruft, auf jene Fläche in ähnlicher Weise gestellt, dieselbe Erscheinung hervor. — Das Berganrollen eines Doppelkegels ist nur scheinbar. — Gefährliche, auf die genaueste Beobachtung des Schwerpunktes sich stützende Künste machen die Seil-

tänzer, Aequilibristen, englischen Bereiter u. s. w. Und wahrlich! was sie ausführen, ist erstaunenswerth. Mit derselben Sicherheit, wie wir auf dem breiten Boden, bewegen sie sich auf einem schmalen Seile, laufen, springen, hüpfen sie auf ihm bald vor-, bald rückwärts, essen wol auch an einem Tische, schlagen Burzelbäume u. dgl. m. Offenbar haben sie für die Lage ihres Schwerpunktes ein sehr feines Gefühl; hierzu kommt ferner, daß sie ihrer Geschicklichkeit so unbedingt vertrauen, daß während ihres wunderlichen Thuns kein Schwindel sie stört, keine Furcht, je ein Mal herunterzufallen, sie anwandelt. Nur auf solche Weise wird es ihnen möglich, selbst auf einem Seile, das von der Erde nach dem Dachfenster eines Thurmes gezogen ist, hinauf- und herunter zu gehen. So lange ihr Schwerpunkt über dem Seile lothrecht liegt, ruhen sie sicher; sobald er aber eine andere Lage annehmen, über jene Grenze hinausrükken will, müssen sie ihre ganze Geschicklichkeit aufbieten, ihn wieder senkrecht über die Unterstützung zu bringen. Das Ausstrekken des Armes nach der entgegengesetzten Seite hin, noch besser eine schwere Balancir-Stange, führt sie hierbei am sichersten zum Ziele. — Beantwortet mir zum Schluß über den Schwerpunkt, der selbst im alltäglichen Leben überaus viel Erscheinungen hervorruft, noch folgende Fragen: »warum haben die vierfüßigen Thiere einen festern Stand, als der Mensch? warum können ferner Gänse und Enten ihren wakkeligen Gang (beachtet wol die Einlenkung ihrer Beine!) nimmer los werden? warum gelingt es selbst dem geübtesten Knaben nicht, auch nur eine kurze Zeit auf seinen Stelzen ruhig zu stehen? welche Bewandtniß hat es wol mit den schiefen Thürmen zu Pisa und Bologna?« — So viel hierher gehörige Erscheinungen wir auch anschauen mögen; immer gelangen wir aufs neue zu dem wichtigen Satze: »Der Stand eines Körpers ist um so fester und sicherer, je größer sein Gewicht, je breiter seine Grundfläche, je näher sein Schwerpunkt dem Boden, und je weiter die Vertikal-Linie von dem Schwerpunkte oder der Kante, um die sich der Körper drehen soll, entfernt ist.«

§. 9

Der Hebel.

Ist in der Physik schon jeder andere Unterricht interessant; so offenbar derjenige, welcher sich die gewöhnlichen Werkzeuge im alltäglichen Leben zum Gegenstande erwählt hat, in doppeltem Maße. Ehe ich indeß mit euch über alle die Dinge, welche ich meine, z. B. über die Gleichwage, Schnellwage, Scheere, Zange, Thürklinke, den Schlüssel, Spaten, Bohrer, das Ruder, Brecheisen, Rad an der Welle u. s. w., sprechen kann, müßt ihr dasjenige Werkzeug, dem sie sämmtlich untergeordnet sind, näher kennen gelernt haben. Ich meine den Hebel. Höret!

»1. Jede unbiegsame Linie, die nicht blos in irgend einem Punkte unterstützt ist, sondern sich auch um denselben frei drehen kann, heißt Hebel; ferner jener Punkt, der übrigens unverrückbar sein muß, Stütz-, Ruhe- oder Drehungspunkt (zeiget mir sofort jene Linie und diesen Punkt an unserer gewöhnlichen Wage!).«

»2. Wir unterscheiden gerad= und krummlinige, ein= und zweiarmige, mathematische und physische Hebel.« Die erste Eintheilung gründet sich auf ihre Richtung, die zweite auf die Stelle ihres Dreh= oder Ruhepunktes, die dritte auf die Abwesenheit und das Vorhandensein der Schwere. Mit Rücksicht auf die erste Eintheilung habe ich euch nur noch zu sagen, daß es auch solche Hebel giebt, die aus zwei geraden, unter einem Winkel zusammenstoßenden Linien bestehen und Winkelhebel genannt werden; mit Rücksicht auf die zweite, daß der Stütz= oder Drehungspunkt bald zwischen den beiden Endpunkten, bald wieder an einem derselben liegen kann, und daß der Hebel in jenem Falle zwei Arme, in diesem aber nur einen Arm besitzt; endlich mit Rücksicht auf die dritte, daß ihr euch den mathematischen Hebel ohne Schwere, den physischen hingegen, wie er in der Wirklichkeit allein vorkommt, mit Schwere zu denken habt (zeichnet jetzt gerad= und krummlinige, ein= und zweiarmige Hebel, auch gebrochene oder Winkelhebel an unsere Wandtafel, und fraget euch dabei zugleich, in wiefern wol Gleich= und Schnellwagen, Scheeren, Zangen, Schaufeln, Gabeln u. s. w. zu den Hebeln gezählt werden dürfen!).

»3. Wo und wie wir auch einen Hebel gebrauchen mögen; stets wird erstens von einer gewissen Last, über die wir gleichsam nicht zu gebieten haben, und zweitens von einer solchen Kraft, welche jene, wenngleich nicht überwinden, doch im Gleichgewicht erhalten soll, die Rede sein. Kraft und Last kommen übrigens sehr häufig unter den gemeinschaftlichen Benennungen Kräfte und Gewichte vor (was bildet beispielsweise bei dem Abwägen des Zukkers die Last, was umgekehrt die Kraft?).«

»4. Diejenige gerade Linie, welche ihr euch von dem Stütz= oder Drehungspunkte auf die Richtungslinien der Kräfte oder Gewichte rechtwinklig gezogen denken könnt, heißt die Entfernung der Kräfte oder Gewichte von jenem unverrückbaren Punkte des Hebels (veranschaulichet diese Linien wenigstens an der Zeichnung eines Winkelhebels, bei dem sie, wenn anders die Kräfte lothrecht wirken, mit den Armen des Hebels zusammenfallen!).«

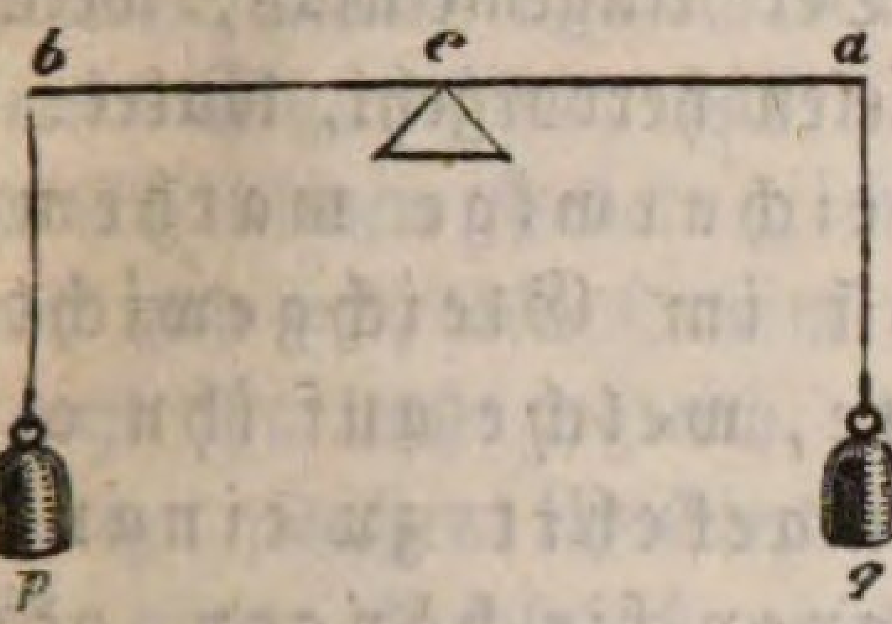
»5. Das Produkt endlich, dessen einer Faktor die Größe der Kraft oder Last, und dessen anderer die Entfernung derselben von dem Stütz= oder Drehungspunkte angiebt, wird das Moment der Kräfte genannt (von wieviel Momenten der Kräfte ist bei einem Hebel mindestens die Rede? zeiget ferner an unserer Wage, daß euch auch diese letzte Erklärung nicht dunkel geblieben ist!).«

Bei Beantwortung der Fragen: »unter welchen Bedingungen besteht bei den verschiedenen Hebeln das Gleichgewicht? und ist es wol möglich, dieselben in einem Allgemeinsatze auszudrükken?« gehen wir von den mathematischen Hebeln aus; auch nehmen wir, wenigstens bei unsern ersten Betrachtungen, stets an, daß die Kräfte lothrecht auf sie wirken.

In der hier beigefügten Zeichnung (Fig. 23.) sei *ab* der gleicharmige mathematische Hebel; ferner *c*, das ganz genau in seiner Mitte liegt, der unverrückbare Punkt, um welchen er sich drehen kann; endlich *p* und *q*, die ihr an den beiden Enden *a* und *b* befestigt seht, die Gewichte, welche den Hebel senkrecht herabzuziehen suchen: »wer sagt mir nun, wann das Gleichgewicht bei

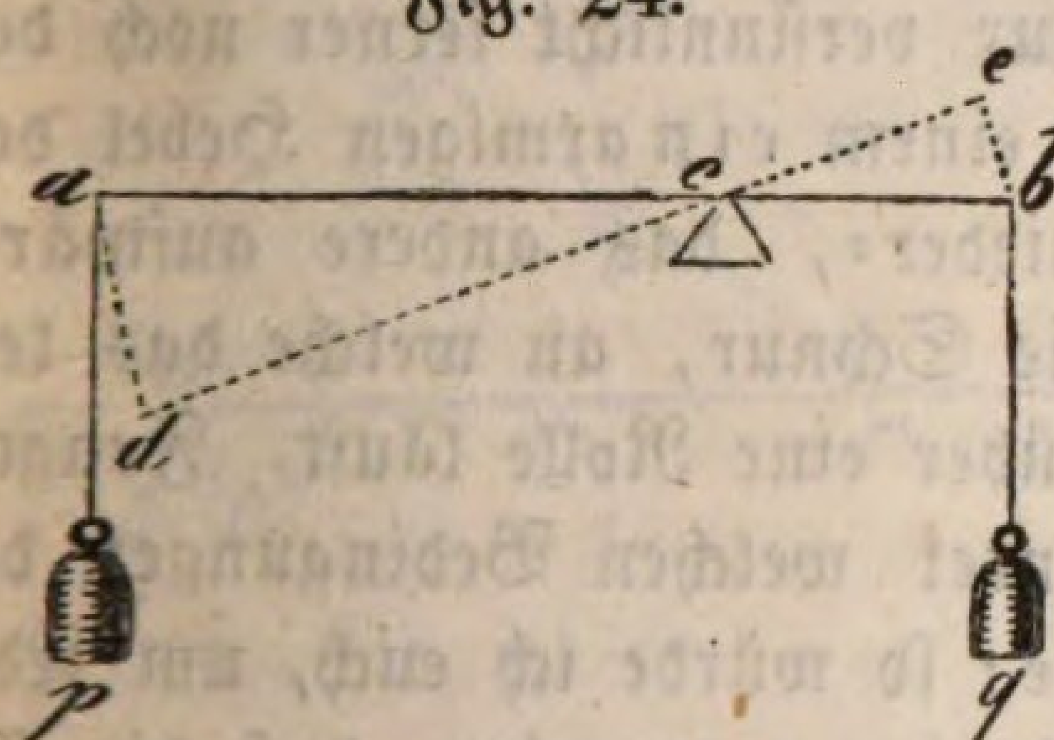
einem Hebel solcher Art besteht?« offenbar nur unter der Bedingung, daß p und q einander gleich sind. — Die einfache Ueberlegung, daß der Hebel ursprünglich, wenn nämlich bei ihm noch keine Kräfte in Thätigkeit sind, vollkommen wagerecht schwebt, und daß die Gewichte p und q unter sonst völlig gleichen Umständen ihren Einfluß auch in gleicher Stärke ausüben, führt gewiß einen Jeden zu der wichtigen Einsicht, daß es mit der ausgesprochenen Behauptung seine Richtigkeit hat. Gleichheit der Kräfte oder Gewichte ist also bei dem gleicharmigen mathematischen Hebel das alleinige Erforderniß zur Herstellung des Gleichgewichts. Gewöhnliche Wagen von tadelloser Beschaffenheit bestätigen Dies noch außerdem, ungeachtet sie zu den physischen Hebeln gehören, durch die Anschauung.

Fig. 23.



»Wie aber (so frage ich euch weiter) erhalten wir das Gleichgewicht bei dem ungleicharmigen mathematischen Hebel?« — Da diese zweite Frage mehr, als jene erste, überdacht sein will: so gehet nur bei ihr von einem Hebel aus, dessen längerer Arm ein genaues Vielfaches von dem kürzern Arme ist. Es sei beispielsweise $ca = 2\,cb$ (Fig. 24!). Daß unter solchen Umständen die horizontale Lage des Hebels verloren geht, wenn beide Arme, wie vorhin, mit gleich großen Gewichten beschwert werden, habt ihr mir selbst gesagt; auch davon scheint ihr überzeugt zu sein, daß der kürzere Arm, soll anders das Gleichgewicht wieder hergestellt werden, eine ansehnlichere Kraft zu tragen erfordert, als der längere. Und ich füge hinzu, daß die Kraft au cb gerade das Doppelte von der andern, welche auf ca wirkt, sein muß, und beweise euch Dies auf eine sehr einfache, fast keine geometrischen Kenntnisse voraussetzende Art.

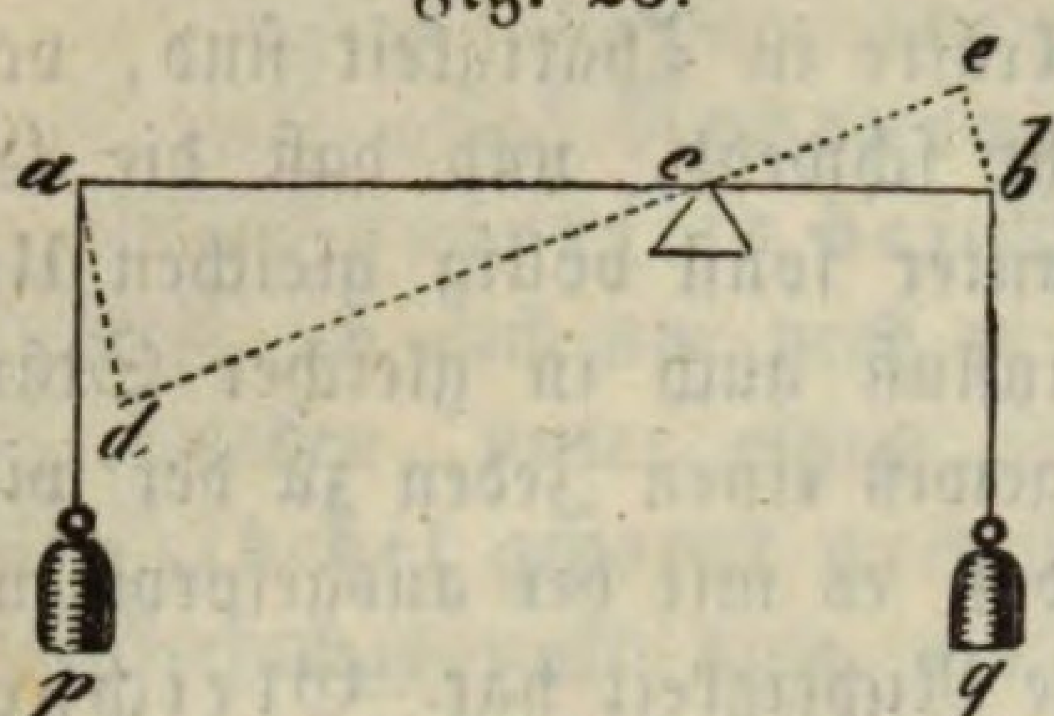
Fig. 24.



Gesetzt, der Hebel ab drehe sich so um c, daß er in die Lage von de kommt; dann beschreibt offenbar a einen 2 Mal so langen Bogen, wie b, oder p legt in derselben Zeit einen 2 Mal so weiten Weg, als q, zurück. Es verhalten sich daher p und q mit Rücksicht auf ihre Geschwindigkeiten, wie 2 zu 1. Hieraus aber folgt, daß die Kraft, deren Einfluß a erfährt, genau das Doppelte der andern Kraft ist, welche auf b, das entgegengesetzte Ende des Hebels, einwirkt. Soll das Gleichgewicht wieder hergestellt werden, so darf nur q, die Kraft auf cb, verdoppelt werden. Mein Beweis bleibt übrigens in der Hauptsache immer derselbe, mag ca 3, 4, 5 oder noch mehrere Mal so lang, als cb, sein; mag es ferner so zu dieser Größe stehen, daß es zwar nicht von ihr, wol aber, wie auch diese zweite, von einer dritten, angenommenen Größe ein genaues Vielfaches ist; mag es endlich mit cb sogar ein irrationales Verhältniß bilden, was sich bekannter Maßen nicht genau in Zahlen ausdrükken läßt. — Beantwortet mir nun folgende zwei Fragen: »1. wie schwer muß q sein, wenn ac 4 Mal so lang, als cb, und in a mit 3 Pfund belastet ist?

(12 Pfund); 2. wie muß sich ferner *ca* zu *cb* verhalten, wenn der Hebel dessenungeachtet, daß in *a* eine Kraft von 5 Pfund und in *b* eine andere von 7 Pfund wirkt, vollkommen wagerecht schweben soll? (wie 7 zu 5).« Der Allgemeinsatz, welcher aus unsern Beispielen hervorgeht, lautet:

Fig. 25.

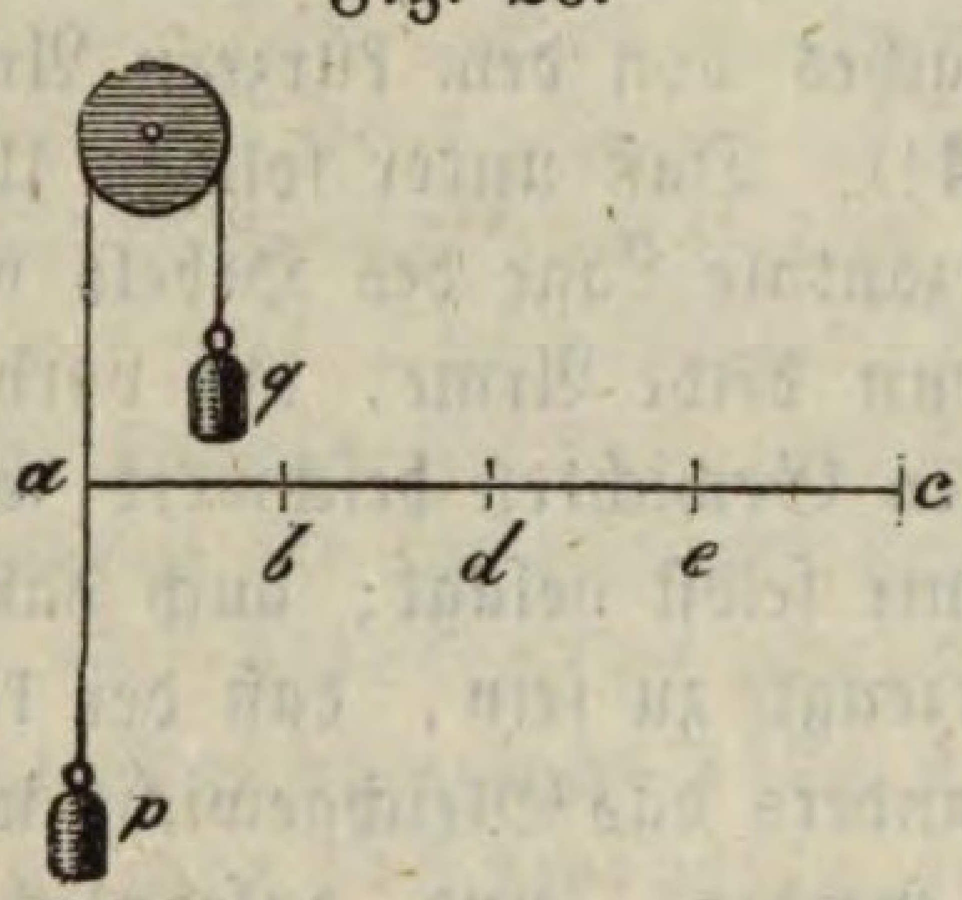


»Der ungleicharmige mathematische Hebel ist im Gleichgewichte, wenn die Kräfte, welche auf ihn einwirken, sich umgekehrt zu einander verhalten, wie die Längen der Arme, an denen sie hängen, oder, wie wir uns ganz kurz ausdrükken können, »wenn die Momente der Kräfte gleich sind.«

Der so eben ausgesprochene Satz gilt auch für den gleicharmigen mathematischen Hebel, der ja stets, wenn er horizontal schweben soll, gleiche Gewichte haben muß (suchet auch hierzu ein geeignetes Beispiel!).

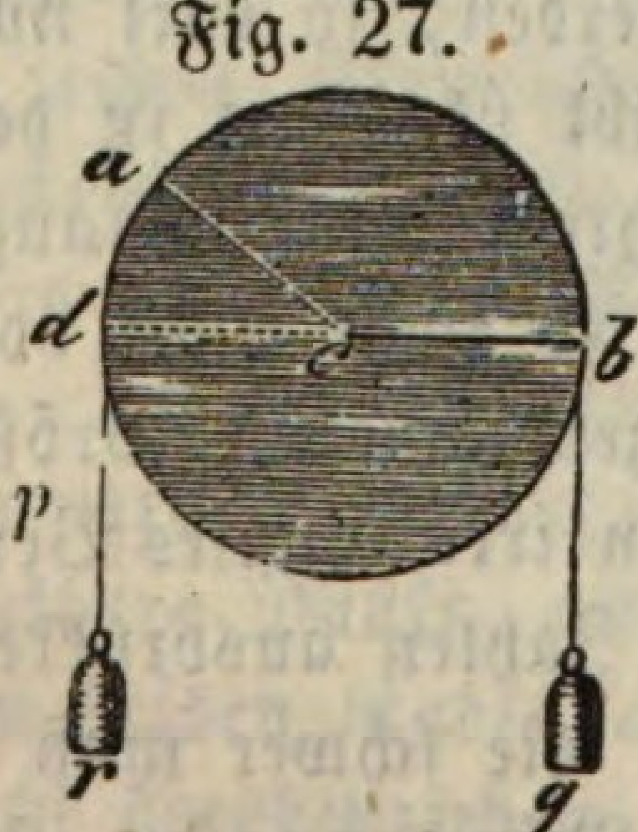
Die Zeichnung Nr. 26 veranschaulicht einen einarmigen mathematischen Hebel, der sich um *c*, den einen seiner beiden Endpunkte, drehen läßt. Die Gewichte können übrigens auch bei ihm von dem Unterstützungspunkte bald gleich, bald ungleich weit entfernt sein. Meine Figur versinnlicht ferner noch den Umstand, daß bei einem einarmigen Hebel das eine Gewicht nieder-, das andere aufwärts zieht, und daß die Schnur, an welche das letztere befestigt ist, über eine Rolle läuft. Fragtet ihr mich nun, unter welchen Bedingungen das Gleichgewicht bei einem Hebel solcher Art bestehe; so würde ich euch, um jeder lästigen Wiederholung vorzubeugen, nur das Wenige antworten, daß die Erscheinungen immer dieselben bleiben, die Hebel mögen doppelt-, oder einarmig sein, und daß daher der Allgemeinsatz über die zweiarmigen Hebel auch für die einarmigen gilt. Erwäget, daß es sich erstens mit den Bogen, welche die vom Drehungspunkte *c* ungleich weit entfernten Punkte *a*, *b*, *d*, *e* u. s. w. beschreiben, — zweitens mit den Geschwindigkeiten der Gewichte, die an jenen Punkten aufgehängt sind, — endlich drittens mit den Kräften, welche als die Ursachen dieser Geschwindigkeiten dastehen, eben so verhält, wie mit den gleichartigen Dingen der doppelarmigen Hebel!

Fig. 26.



Von allen Hebeln ist uns nur noch der Winkelhebel übrig geblieben. Die Zeichnung Nr. 27 veranschaulicht ihn! Um euch zu beweisen, daß auch bei ihm, wenn die Momente der Kräfte gleich sind, das Gleichgewicht besteht, beschreibe ich von dem Unterstützungspunkte *c* aus, und zwar entweder mit der Oeffnung des Zirkels *ca* oder *cb*, hier beispielsweise mit *ca*, einen Kreis, verlängere dann *bc* bis an die Peripherie, und ziehe zuletzt noch *rd* senkrecht auf *cd*, d. h. auf diejenige Linie, welche die Richtung der Kraft *r* vorstellt, deren Größe mit *p* völlig übereinstimmt. Auf diese

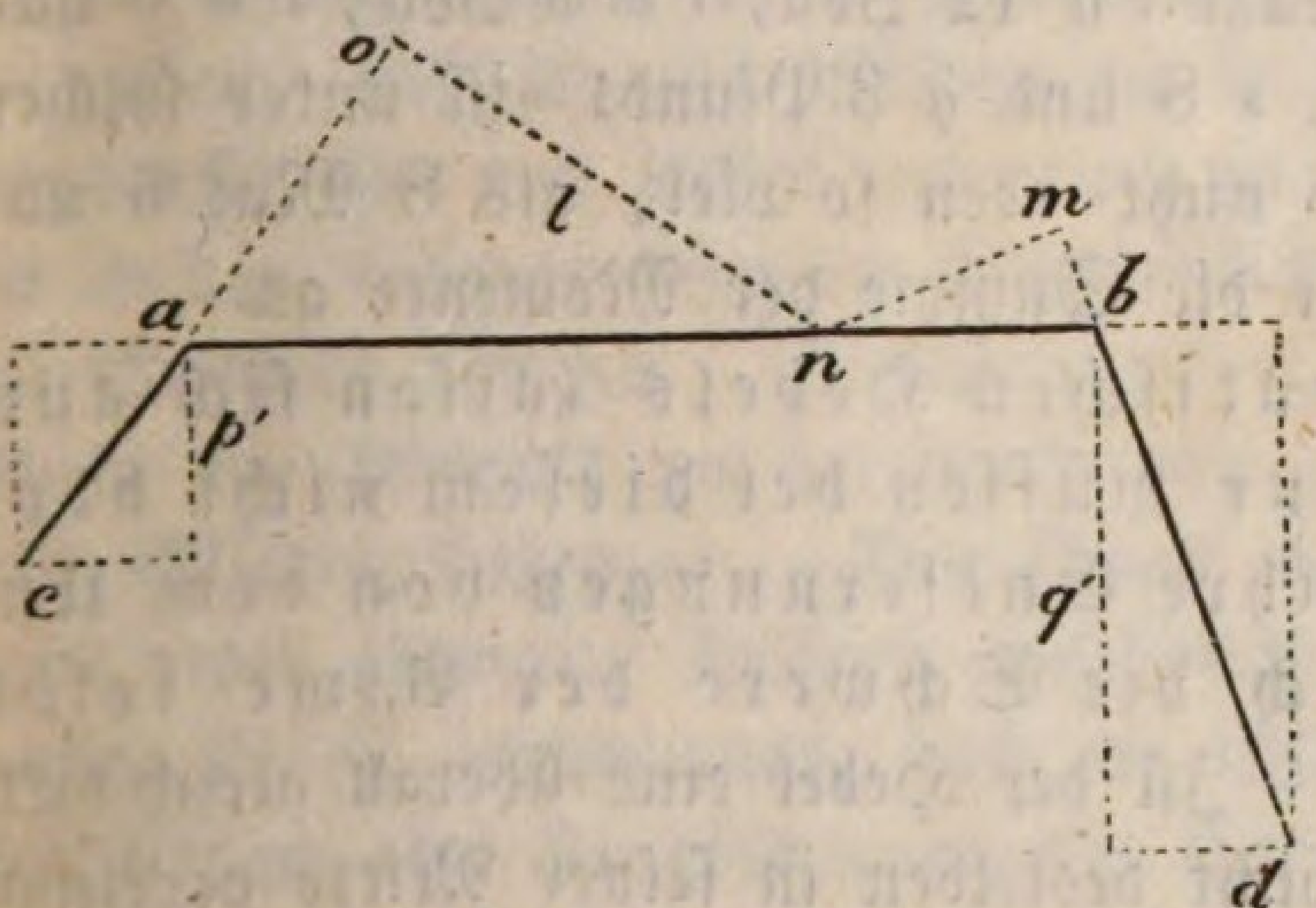
Fig. 27.



Weise habe ich den geradlinigen Hebel *b c d* mit den Kräften *q* und *r* gebildet. Da wir schon wissen, was bei einem solchen Hebel zur Herstellung des Gleichgewichtes erfordert wird; so brauchen wir blos noch zu untersuchen, obwol alle jene Bedingungen auch für den gebrochenen Hebel vorhanden sind. Dieses neue Geschäft ist nichts weniger, als schwer. Indem ihr z. B. an der entworfenen Figur seht, daß 1. der Arm *c b*, und die Kraft *q*, welche auf ihn einwirkt, beiden Hebeln gemeinschaftlich sind, und daß 2. die verschiedenen Arme *c d* und *c a*, als Halbmesser desselben Kreises, eine gleiche Länge besitzen, überzeugt ihr euch zugleich, daß auch der Einfluß der Kräfte *p* und *r*, als unter völlig gleichen Umständen auf die Hebel wirkend, einander gleich sein muß. So giebt es folglich nichts, was wir an den beiden Hebeln als verschieden bezeichnen könnten; es müssen also auch bei den Winkelhebeln, falls das Gleichgewicht bestehen soll, die Kräfte umgekehrt sich zu einander verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruh- oder Drehungspunkte.«

Bei allen bisherigen Untersuchungen setzten wir stets voraus, daß die Kräfte oder Gewichte senkrecht auf den Hebel einwirkten; allein sie können ja auch schief an den Armen desselben ziehen. Gesetzt, es wäre so; »unter welchen Bedingungen bestände wol dann das Gleichgewicht?« abermals blos unter denen, die ich euch bei einem jeden vorhergehenden Falle namhaft gemacht habe. Daß Dem wirklich so ist, will ich an Zeichnung Nr. 28 zu beweisen suchen. Bei ihr habt ihr euch unter *a b* einen ungleicharmigen Hebel, unter *n* den Drehungspunkt und unter *a c* und *b d* die Richtungslinien der wirkenden Kräfte oder Gewichte *p* und *q* zu denken. Nach dem Parallelogramm der Kräfte läßt sich *p* in zwei Kräfte zerlegen, von denen die eine (sie heiße *p'*) rechtwinklig auf *a b*, die andere aber genau in der Richtung dieser Linie wirkt. Aehnlich verhält es sich mit der *p* entgegengesetzten Kraft *q*. Hier nämlich übt *q'* seinen Einfluß auf *a b* rechtwinklig, die andere Theilkraft aber in der Richtung von *a b* aus. Wenn ihr nun erwägt, daß die beiden Theilkräfte, deren Richtungslinien mit *a b* zusammenfallen, durch den Widerstand des festen Punktes *n* völlig aufgehoben werden; so begreift ihr wol auch sofort, daß wir statt der ursprünglichen Kräfte *p* und *q*, ohne die Richtigkeit im geringsten zu verletzen, die Kräfte *p'* und *q'* setzen können. — Höret noch einen andern Beweis! — Man verlängere die Richtung der Kraft *p*, also *c a*, hinreichend und setze auf sie von *n* aus das Perpendikel *n o*, = *l*. So bildet man das rechtwinklige Dreieck *a o n*. Vergleicht man nun dasselbe mit dem untern Dreiekke, dessen Hypothenuse *p* und dessen eine Kathete *p'* ist: so findet man, daß es diesem ähnlich ist; daß sich *p* zu *p'*, wie *a n* zu *l*, verhält, und daß mithin auch die Produkte $p.l$ und $p'.an$ eine gleiche Größe besitzen. — Beachtet nun die Kraft *q*! »Wirkt dieselbe nicht gerade so, als ob sie an den Hebelarm *n m* rechtwinklig griffe? oder stehen etwa die Kräfte *p* und *q* nicht im Gleichgewicht, wenn $p.on = q.nm$

Fig. 28.



ist?« Ihr erkennt gewiß aus dem Allen, daß sich die Kräfte, wofern das Gleichgewicht bestehen soll, auch dann, wenn sie in schiefer Richtung angebracht sind, umgekehrt genau so zu einander verhalten müssen, wie ihre Entfernungen von dem Ruh- oder Drehungspunkte.

Auf die eben entwickelte Weise finden wir auch die Momente der Kräfte, wenn der Hebel, wie hier in Fig. 29, nicht mehr eine gerade Linie ist (vervollständiget die Zeichnung, und machet sie dann durch einige Worte klar!).

Fig. 29.

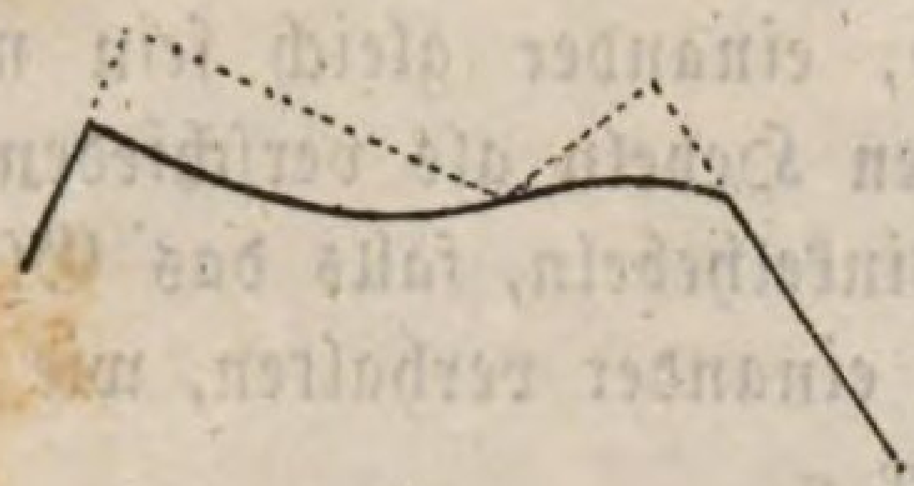
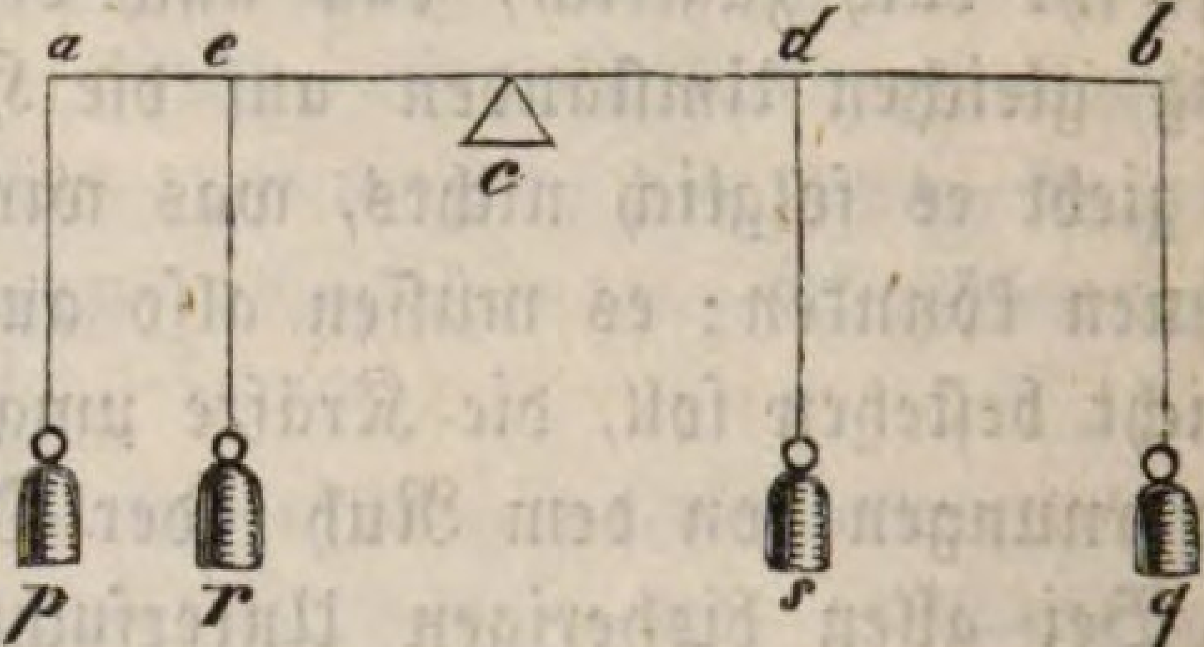


Fig. 30.



Achtet zuletzt noch auf folgende Punkte!

»1. Wirken auf irgend einen Hebel mehr Kräfte, als zwei; so ist derselbe nur in dem **einen** Falle im Gleichgewicht, wenn die Summen der Momente, mit denen er nach der **einen** und nach der andern Seite hin gedreht wird, einander gleich sind.« — Nehmet an: 1) der Hebel *ab* (Fig. 30.) sei in *c* unterstützt und in *a*, *e*, *d* und *b* mit Gewichten beschwert; 2) es betrage *ca* 12 Zoll, *ce* 8 Zoll, *cd* 6 und *cb* 20 Zoll; 3) *p* wiege 7 Pfund, *r* 3, *s* 8 und *q* 3 Pfund! »ist unter solchen Verhältnissen 7 Mal 12 und 3 Mal 8 nicht eben so viel, als 8 Mal 6 und 3 Mal 20?« Die Zahl 108 giebt hier die Summe der Momente an.

»2. Die Gesetze des mathematischen Hebels lassen sich auch auf den physischen anwenden; nur müssen bei diesem nicht blos die angehängten Gewichte und ihre Entfernungen von dem Unterstützungspunkte, sondern auch die Schwere der Arme selbst in Betracht gezogen werden.« — Ist der Hebel eine überall gleich dicke Stange, so können wir uns das Gewicht desselben in seiner Mitte vereinigt denken; ist er noch außerdem gleicharmig, so bietet er uns bei allen Berechnungen nicht die geringsten Schwierigkeiten dar. Uebler steht es freilich mit ihm, wenn der Ruhepunkt nicht mit dem Schwerpunkte zusammenfällt. Der bekannteste physische Hebel ist unsere Wage.

Wer mit dem Hebel auch nur so weit bekannt ist, wird sich gewiß eine Menge Erscheinungen und Verfahrungsarten, denen die Gesetze jenes Werkzeuges zum Grunde liegen, erklären können. Dies sollte auch bei einem Jeden unter euch der Fall sein. »So gebet mir denn an, wie es beispielsweise mit den Hebebäumen, Scheeren, Zangen, Schlüsseln, Rudern, Messern, Gabeln, Kurbeln, Bohrern, Brecheisen, selbst mit unsern eigenen Armen (sie sind offenbar einarmige Hebel) u. s. w. steht!«

Die Stangen oder Eisenstäbe, deren sich die Maurer, Zimmerleute, Oekonomen u. dgl. vielfach bedienen, wirken auf die bekannte Weise, daß die Last in einer bedeutend geringern Entfernung von dem Unterstützungspunkte angebracht wird, als die in Thätigkeit gesetzte Kraft. — Auch unsere Scheeren und

Zangen sind nichts anders, als Hebel: der Stift nämlich, vermittels dessen beide Hälften zusammengehalten werden, ist die Unterlage oder der Drehungspunkt; die Hand ferner, welche die längern Arme erfaßt, die wirkende Kraft; der Widerstand endlich, den der Körper, welchen wir zerschneiden oder abkneipen wollen, jener entgegengesetzt, die zu überwältigende Last. — Bei den Schlüsseln ist der Griff, an welchem sie gedreht werden, als Hebel im Allgemeinen, der aufzuschiebende Riegel als Last, und der Bart, der gegen jenen drückt, als kürzerer Arm zu betrachten. Griffe von länglichrunder Gestalt entsprechen daher ihrem Zwekke am besten. Wie gut übrigens Alle, die ein Schloß aufzumachen haben, gerade mit diesem Umstande bekannt sind, zeigen sie dadurch, daß sie durch den Griff des Schlüssels, um diesen mit größerer Gewalt drehen zu können, ein Stäbchen, oder auch einen andern Schlüssel stekken. — Die Ruder sind gleichsam einarmige Hebel, die ihren Unterstützungspunkt im Wasser haben. Letzterer ist allerdings nicht ganz fest; allein er leistet bei der Fortbewegung des Fahrzeuges doch immer, wenn sich der breite Theil des Ruders gegen das Wasser stemmt, hinreichend Widerstand.

Daß ein Kind mit einem starken Manne eine große Last, ohne von ihr zerdrückt zu werden, tragen kann (die Last ist bekanntlich an einer Stange befestigt und dem Manne ungleich näher, als dem Kinde); daß Scheeren leichter, besser und genauer in der Nähe des Drehungspunktes schneiden, als gegen die Spitze hin; daß es uns mit Hülfe einer guten Kneipzange möglich ist, aus irgend einem Körper ohne sonderlichen Kraftaufwand fest eingeschlagene Nägel zu ziehen; daß uns die Bohrer um so trefflichere Dienste leisten, je breiter ihre Handgriffe sind: zu diesen, wie noch zu unzähligen andern Erscheinungen finden wir in den Gesetzen über die Wirksamkeit der Kräfte am Hebel den befriedigendsten Erklärungsgrund. Dieselben geben uns schließlich auch ein Mittel an die Hand, die Gewalt zu berechnen, mit welcher die Muskeln zur Bewegung unserer Glieder beitragen. Der Zweck der genannten Körpertheile besteht nicht darin, mit geringen Kräften ansehnliche Lasten zu heben, sondern in dem Umstande, sie so anzuwenden, daß die Glieder selbst bei einer sehr unbedeutenden Verkürzung oder Verlängerung des thätigen Muskels einen beträchtlichen Weg durchlaufen. Nur aus dem bezeichneten Grunde sind die Muskeln auch sehr nahe am Drehungspunkte des wunderbaren Hebels angebracht. Abermals genöthigt, jede auch hierher gehörige Berechnung zu übergehen, gebe ich euch nur zu bedenken, daß bei einem Manne, der 180 Pfund wiegt, 200 Pfund auf dem Nakken trägt und auf dem einen seiner Füße mit etwas gebogenem Knie steht, diejenigen Muskeln, welche an der erhabenen Rundung des belasteten Knie's aufliegen, mit einer Kraft von 2280 Pfunden in Thätigkeit sind.

§. 10.

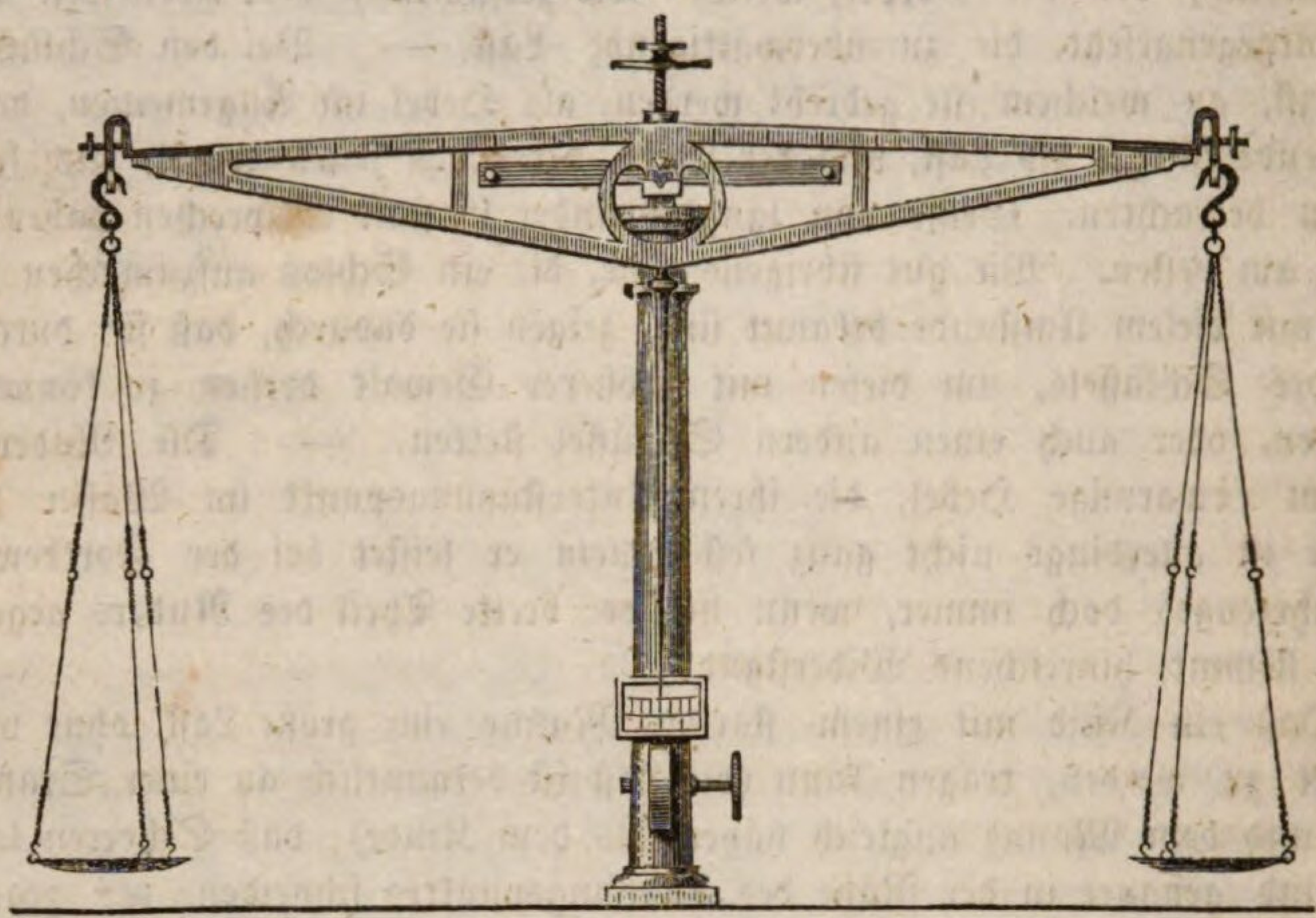
Besonders wichtige, auf den Gesetzen des Hebels beruhende Werkzeuge oder Maschinen.

a. Die Gleichwage.

Betrachtet sie zuvörderst in dem umstehenden Bilde (Fig. 31.)! Ihr vornehmster Theil ist der Balken oder eigentliche Hebel. Wäre es den

Künstlern möglich, zwischen sämmtlichen Theilen desselben, und zwar an beiden Seiten des Anhängepunktes (so heißt bei der Wage der Dreh- oder Unter-

Fig. 31.



stützungspunkt), eine vollkommene Gleichheit herzustellen; so fänden wir an ihm nichts mehr, was wir als tadelnswerth bezeichnen dürften. Fasset ferner die Pfanne und den Zapfen näher ins Auge! Erstere ist flach gekrümmt und aufs beste polirt; Letzterer läuft nach unten immer dünner zu, trägt den Wagebalken und steht senkrecht auf ihm. Je mehr es gelingt, die Pfanne zu glätten und den Zapfen zu schärfen; einen desto höhern Grad der Vollkommenheit hat auch die Wage erreicht. Die Schnüre an beiden Enden bedürfen keiner Erläuterung. Nachdem ich euch noch mitgetheilt habe, daß auch die Schalen von gleicher Größe, Gestalt und Schwere sein müssen, und daß es, soll anders der Balken stets in seine horizontale Lage zurückkehren, nothwendig ist, den Drehungspunkt oberhalb des Schwerpunktes anzubringen, fasse ich die übrigen wichtigen Merkmale, die eine recht empfindliche, d. h. eine Wage von tadelloser Beschaffenheit, an sich trägt, in folgende fünf Punkte zusammen:

1) der Balken ist aus gehärtetem Stahle bereitet, und hat daher eine solche Stärke, daß er selbst durch die ansehnlichsten Gewichte nicht die geringste Biegung erleidet;

2) er behauptet, sich selbst überlassen, stets, gleich viel also, ob mit Gewichten beschwert, oder nicht, die horizontale Richtung (daß hierbei nur von gleichen Gewichten die Rede sein kann, bedarf keiner Erörterung);

3) er verharrt in der bezeichneten Lage auch dann, wenn entweder blos die Schalen, oder allein die gleichen Gewichte, welche in ihnen liegen, oder die Schalen und die Gewichte zugleich mit einander vertauscht werden;

4) er verläßt sie aber, d. h., es weicht die Zunge von ihrer ursprünglich lothrechten Stelle ab, wenn blos die eine Schale eine Zulage, sei diese auch noch so gering, erhalten hat;

5) er muß sich senken lassen, bis entweder die Schalen auf dem Boden ruhen, oder er selbst von 2 Gabeln getragen wird. Nur unter dieser Bedingung lassen die hohlen, stählernen Haken, an denen die Schalen hängen, nie eine Verschiebung zu.

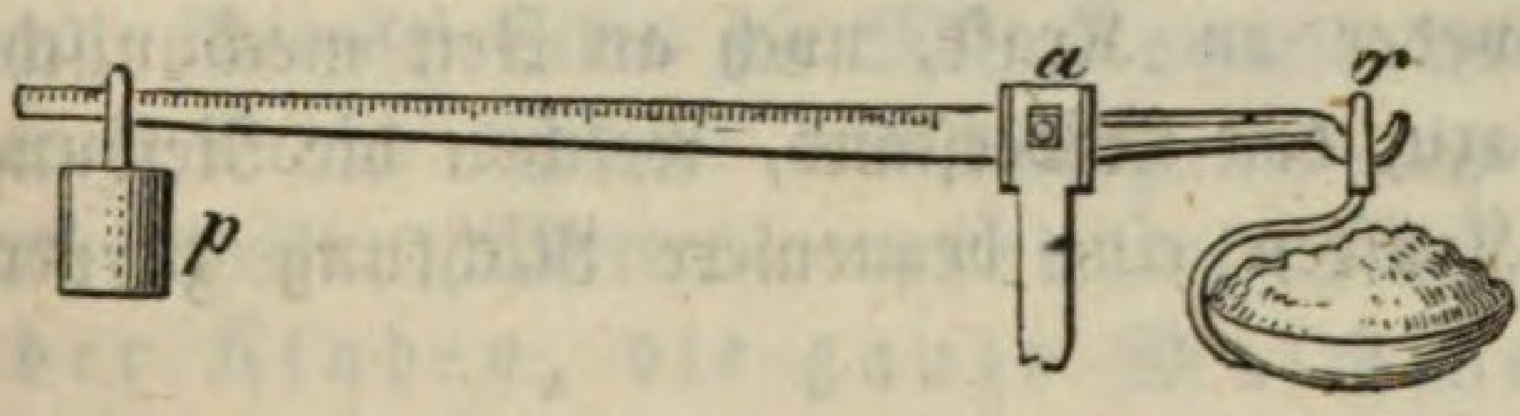
Die Empfindlichkeit einer Wage drükken wir durch einen Bruch aus, dessen Nenner das größte Gewicht ist, welches sie ohne Nachtheil tragen kann, und dessen Zähler uns das kleinste Gewicht bezeichnet, bei dem sie unter der vorigen Belastung noch einen merklichen Ausschlag giebt. Es sind Wagen vorhanden, deren Empfindlichkeit noch über $1/_{1500000}$ beträgt. Um selbst dann, wenn die Arme nicht gleich lang sind, nämlich im mathematischen Sinne, ganz gleiche Gewichte zu erhalten, lege man in die eine Schale das eine Gewicht, und in die andere so lange, bis der Balken wieder vollkommen horizontal schwebt, allerlei schwere Körper, zuletzt selbst Schrote und Papierschnitzel. Hierauf bringe man an die Stelle des ersten Gewichtes das zweite und erziele aufs neue nach voriger Weise das vollkommenste Gleichgewicht. Erst, wenn man 2 ganz gleiche Gewichte besitzt, kann man bestimmen, ob die Arme irgend einer Wage genau von gleicher Länge sind, oder nicht.

»Prüfet nun die Wage, welche auf unserm Tische steht, und sprechet dann euer Urtheil über sie aus!«

b) Die Schnellwage.

Die Schnellwage, wol auch die römische Wage genannt, stellt einen ungleicharmigen Hebel dar, und giebt uns daher ein Mittel an die Hand, durch dasselbe Gewicht die Schwere ungleicher Lasten zu erfahren. Worauf ihre Einrichtung beruht, möge euch an Fig. 32. deutlich werden. Den Stützpunkt dieses ungleicharmigen Hebels habe ich mit *a*, — die Last, welche sich stets in einer unveränderlichen Entfernung von jenem Punkte befindet, mit *r*, — das Gewicht, welches bei der Schnellwage den Namen Laufer führt, mit *p* bezeichnet. Die vielen kleinen, senkrechten Striche bestimmen uns ganz genau, ob das Gegengewicht die Hälfte, das Drittel, das Viertel u. s. w. von dem längern Arme abschneidet, oder, wie sich die Entfernungen der Last und des Laufers von dem Unterstützungspunkte zu einander verhalten. Je größer die Last ist, welche in die bei *r* angehängte Schale gelegt wird; desto weiter müssen wir den Laufer *p*, wenn der Wagebalken horizontal schweben soll, von dem Stützpunkte *a* hinwegrükken. Die Größe der Last erfahren wir durch das Gesetz, welches wir bei dem ungleicharmigen Hebel kennen gelernt haben. Die Schnellwagen besitzen nie die Genauigkeit der Gleichwagen; eben so, und zwar in einem noch höhern Grade, die Brükken- oder Decimal-Wagen, bei denen ein zusammengesetzter Hebel in Anwendung kommt. Zu dem Abwägen in einem abgeschlossenen Raume dienen die Zeigerwagen. Der ungleichseitige Winkelhebel, aus dem

Fig. 32.



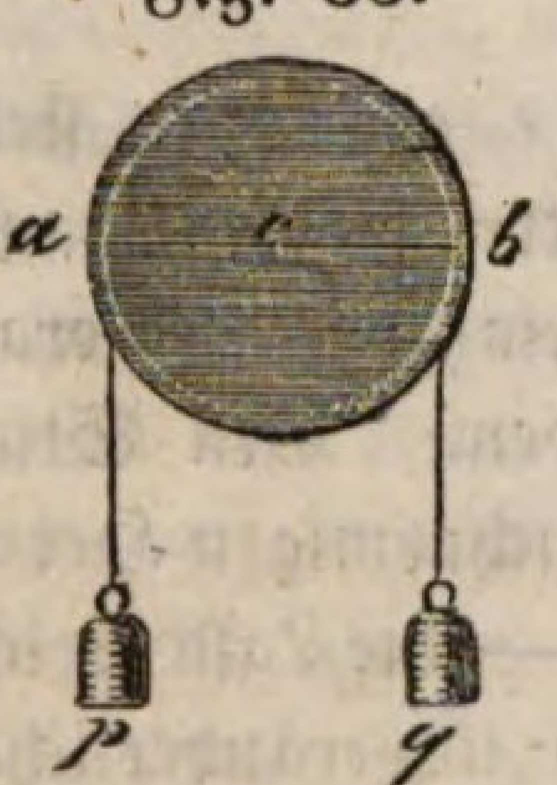
sie bestehen, ist um seinen Scheitel drehbar, und giebt uns durch die Neigung, welche der längere Schenkel gegen den Horizont macht, dasjenige Gewicht an, welches der kürzere Schenkel zu tragen erhalten hat.

c) Die Rolle und der Flaschenzug.

»Jede kreisförmige Scheibe, die aus Holz, Metall, oder irgend einer andern festen Masse bereitet, an ihrem Umfange rinnenförmig ausgehöhlt, und mit einer solchen Achse versehen ist, welche nicht nur durch ihren Mittelpunkt geht, sondern auch auf ihrer Ebene senkrecht steht, heißt eine Rolle.« — Es giebt unbewegliche und bewegliche Rollen: erstere haben einen befestigten Polzen (so heißt nämlich die Achse der Rollen und ihnen ähnlicher Werkzeuge) und können sich aus diesem Grunde nur um ihn selber drehen; bei den letztern ist der Polzen frei, und ihnen daher gestattet, sich, während sie jene Drehung machen, zugleich im Raume fortzubewegen.

Nehmet nun zuvörderst sämmtliche Theile dieser kleinen unbeweglichen Rolle näher in Augenschein; z. B. die Hülse, in welcher der Polzen steckt; den Bindfaden, der über die obere Hälfte der Scheibenrinne läuft; die Gewichte, mit denen ich die Enden jenes Fadens beschwert habe, u. s. w.! Richtet ferner eure Blikke auch auf die von mir entworfene Zeichnung Nr. 33., und vergleichet sie mit ihrem Urbilde, dem Werkzeuge selbst!

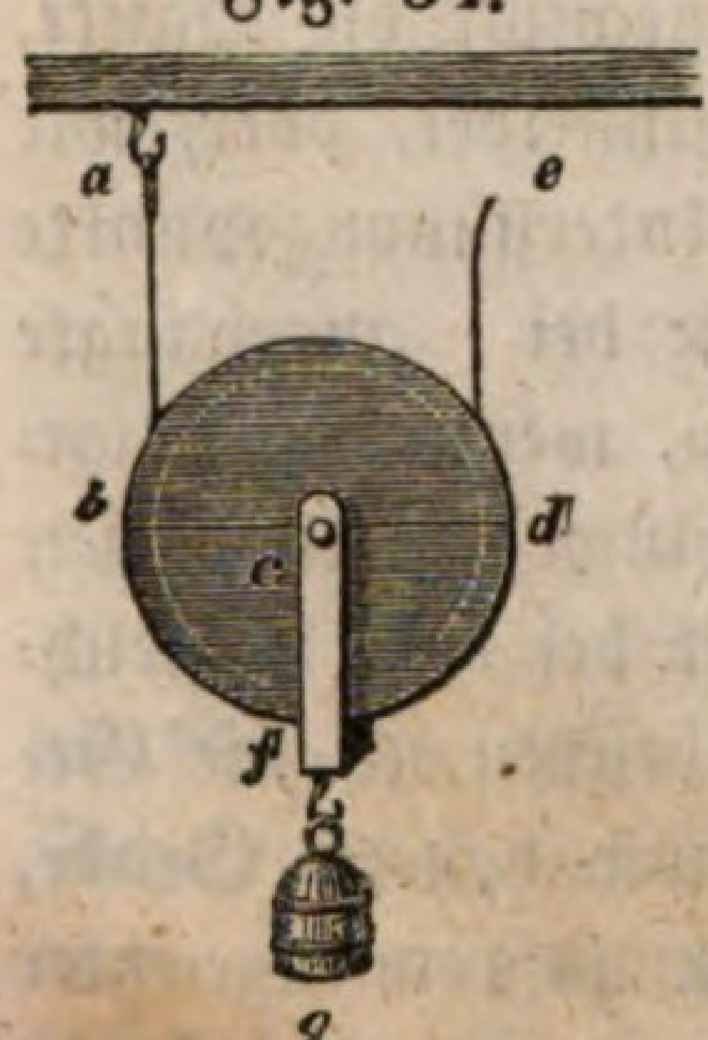
Fig. 33.



Gewiß leuchtet es euch schon jetzt ein, daß unsere neue Maschine nichts anders ist, als ein gleicharmiger Hebel, der seinen Unterstützungspunkt in *c* und seine beiden Arme in den Halbmessern *ca* und *cb* hat. Soll sie daher in ihrer Lage ganz ruhig verharen, d. h. weder nach der einen, noch nach der andern Seite hin gezogen werden; so müssen Kraft und Last einander gleich sein. Die unbewegliche Rolle gewährt weder an Kraft, noch an Zeit mechanische Vortheile; sie dient vielmehr allein dazu, den Widerstand, welchen die Reibung veranlaßt, zu vermindern und den Kräften eine bequemere Richtung zu verleihen.

Wie es sich mit der beweglichen Rolle verhält, werdet ihr erfahren, wenn ihr 1. dieses Werkzeug, und 2. die Zeichnung von ihm auf unserer Wandtafel betrachtet.

Fig. 34.

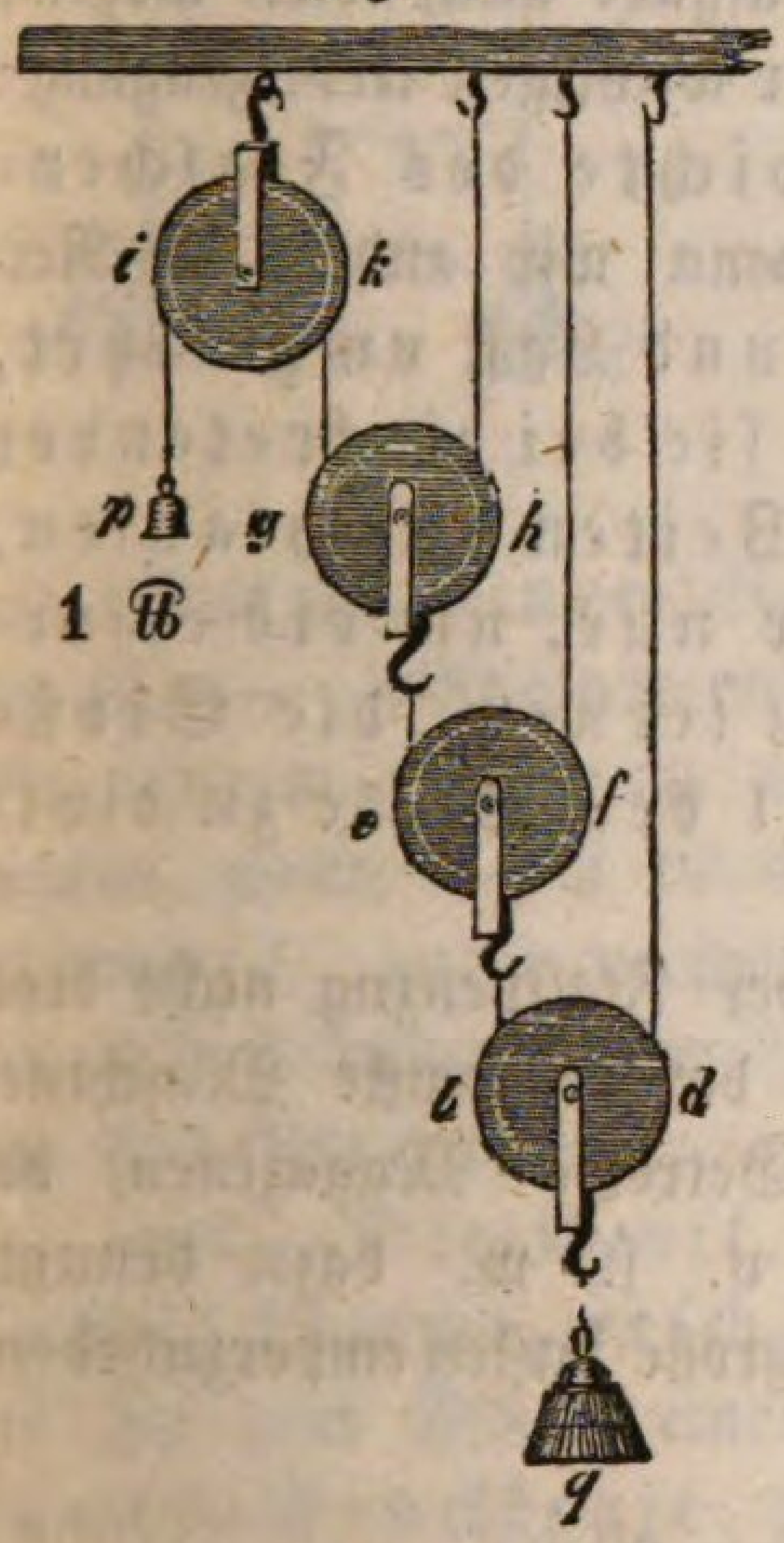


Schon ein flüchtiger Blick lehrt euch, daß bei ihr die Achse oder der Polzen mit der Scheibe zugleich sich dreht; daß ferner die Schnur über die untere Hälfte der Rinne *bfd* (Fig. 34!) hinwegläuft und mit dem einen Ende, *a*, an einen unverrückbaren Körper geknüpft ist; daß endlich die Kraft an dem andern Ende, in *e*, die Last hingegen an einem Haken, der aus der Mitte der Rolle hinabgeht, in *p*, ihren Einfluß ausübt. Genauer auf alle diese Dinge achtend, erkennt ihr gewiß weiter in dem Durchmesser der Rolle *bd* einen einarmigen Hebel und in dem Anfangspunkte *b* den Stütz- oder Ruhepunkt desselben. Nach solchen Erläute-

rungen wäre es unnütz, noch beweisen zu wollen, wie hier, wenn anders das Seil vollkommen biegsam, und, wie die Rolle selbst, ohne alle Schwere gedacht wird, die Kraft, als in der doppelten Entfernung von dem Unterstützungspunkte wirkend, nur die Hälfte der Last tragen darf. Die unbefestigte Rolle erleichtert daher gar sehr die Fortbewegung irgend einer Last.

Die Zeichnung Nr. 35. veranschaulicht eine Maschine, die aus den 3 beweglichen Rollen *ad*, *ef*, *gh*, und aus der einen unbeweglichen Rolle *ik* zusammengesetzt ist. Jede nachfolgende bewegliche Rolle verdoppelt die Kraft stets von Neuem; es bewirken mithin 3 dergleichen Rollen eine Erhöhung derselben von 2 Mal 2 Mal 2, gleich 8. — Gesetzt nun, es hätte eine solche Maschine 4 bewegliche Rollen und trüge eine Last von 128 Pfunden; »was für eine Kraft müßte auf sie wol dann, wenn das Gleichgewicht bestehen sollte, ihren Einfluß ausüben?« eine Kraft von nur 8 Pfunden: denn die erste Rolle bringt gleichsam die Last auf $1/2$, die zweite auf $1/2 \cdot 1/2 = 1/4$, die dritte auf $1/2 \cdot 1/4 = 1/8$, die vierte auf $1/2 \cdot 1/8 = 1/16$ zurück, oder, mit andern Worten ausgedrückt, die erste Rolle macht der Kraft nur die Hälfte, die zweite mit der ersten nur das Viertel, die dritte mit der zweiten und ersten blos das Achtel, die vierte mit der dritten, zweiten und ersten nur das Sechzehntel der Last fühlbar. Der sechzehnte Theil von 128 Pfunden sind aber 8 Pfund. — Die unbewegliche Rolle dient blos als Leitscheibe zur senkrechten Richtung der Kraft.

Fig. 35.

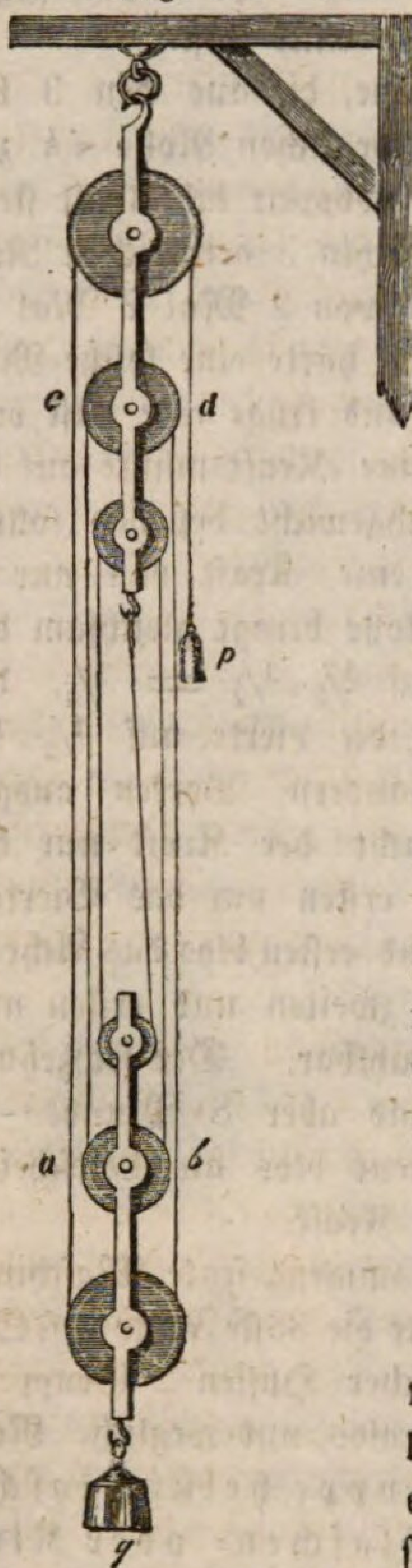


Eine noch wichtigere zusammengesetzte Maschine, als die so eben beschriebene, stellt die 36ste Figur (s. f. S.) dar. Bei ihr bilden die Rollen vermittels gemeinschaftlicher Hülsen 2 Gruppen, deren untere Gruppe nur bewegliche und deren obere blos unbewegliche Rollen enthält. Merket! »jede einzelne Rollengruppe heißt Flasche oder Kloben, die ganze Maschine mithin Flaschen- oder Klobenzug.« In welcher Art das Seil über alle Rollen hinwegläuft, zeigt die umstehende Figur; es reicht daher wol aus, euch nur auf das eine Ende desselben, welches an dem untern Haken des Klobens *cd* befestigt ist, hinzuweisen. Die Last *q* hängt an dem untern Haken des Klobens *ab*, und die Kraft *p* wirkt an dem freien Ende des Seiles. Zu untersuchen, in welchem Verhältniß bei solchen Umständen, wenn anders zwischen beiden das Gleichgewicht hergestellt sein soll, die Kraft zur Last stehen müsse, ist, wie überall, so auch hier unsere vornehmste Aufgabe. Wir gehen daher sogleich an die Lösung derselben.

Es leuchtet ein, daß jedes der 6 Seile des Flaschenzuges genau um so viel verkürzt wird, als die Last nach oben steigt, oder daß sich die Räume, welche Last und Kraft in gleichen Zeittheilchen durchlaufen, wie 1 zu 6 zu einander verhalten. Was aber hieraus weiter folgt, lehrt uns genügend die Betrachtung, über den ungleicharmigen mathematischen Hebel. »Oder soll ich euch vielleicht noch ein Mal aus einander setzen, daß ein Werkzeug dieser Art im

Gleichgewicht ist, wenn die Kraft am längern Arme $1/6$ von der Last am kürzern aufwiegt?« — Wir gelangen übrigens noch auf einem andern Wege zu demselben Resultat. — Die Last *q* spannt jedes Seil des untern Klobens *ab*; nun aber giebt es bei der beschriebenen Maschine der Seile 6: »wird etwa dann nicht jedes Seil durch den sechsten Theil der Last gespannt? oder reicht vielleicht die Kraft, welche einen eben so großen Theil der Last ausmacht, nicht hin, das Gleichgewicht des ganzen Flaschenzuges zu bewirken?« — Wie wir mithin die obige Aufgabe auch lösen mögen; immer gelangen wir zu der hier wichtigen Ueberzeugung: »auch bei dem Gleichgewichte des Flaschenzuges verhalten sich, wenn wir anders die Reibung bei Seite setzen, Kraft und Last umgekehrt, wie die Räume, welche sie bei eintretender Bewegung in gleichen Zeiten durchlaufen, und wir brauchen daher nur, um die erforderliche Kraft kennen zu lernen, die Größe der Last mit der Anzahl der Seile zu dividiren.«

Fig. 36.



Nächst der Haspel ist der Flaschenzug nicht blos die gewöhnlichste, sondern auch die bequemste Maschine, und wird fast täglich bei Getreide-Magazinen, bei Errichtung hoher Gebäude u. s. w. dazu benutzt, vermittels sehr geringer Kräfte große Lasten emporzuheben.

Das Rad an der Welle.

Daß die kleine Maschine, welche ich euch hier vorzeige, mit einer Rolle einerseits die größte Aehnlichkeit besitzt, andererseits aber auch von ihr in einigen Stükken abweicht, werdet ihr nicht bezweifeln, sobald ihr beide mit einander verglichen habt. »Thuet Letzteres und gebet mir dann die vornehmsten Eigenthümlichkeiten des neuen Werkzeuges an!« — Nun erst kann ich euch Folgendes sagen:

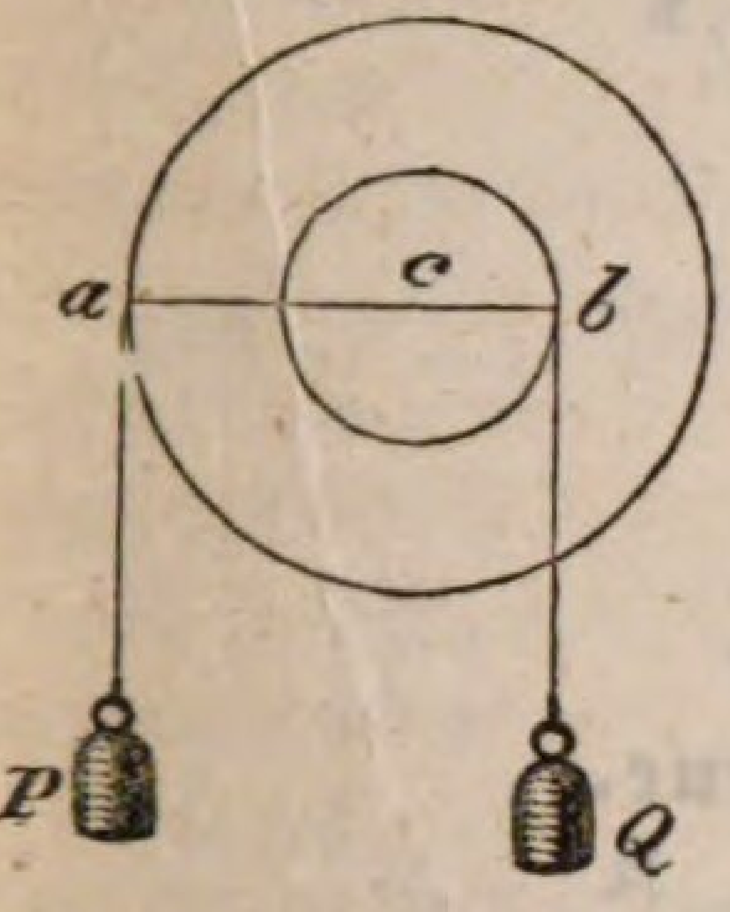
»1. Dasjenige rollenartige Werkzeug, welches aus einem steifen, um seine Achse beweglichen Cylinder, und einer Scheibe, deren Mittelpunkt jener trifft, und auf welcher er senkrecht steht, zusammengesetzt ist, heißt wegen der Aehnlichkeit mit einem Wagenrade das Rad an dem Wellbaum oder der Welle. — Der Cylinder bildet die Welle, die Scheibe das Rad. Anstatt der Scheibe sehen wir zuweilen nur sogenannte Kurbeln oder Triebstäbe angebracht.

»2. Die Last, welche vermittels einer solchen Maschine entweder in die Höhe gehoben, oder wagerecht fortgezogen werden soll, wirkt gewöhnlich an dem Ende eines um die Welle gewikkelten, starken Seiles; die Kraft hingegen hat ihre

Stelle an dem Umfange der Scheibe, und ist folglich ungleich weiter, als jene, von dem Stütz- oder Drehungspunkte entfernt.«

»3. Wie die Rolle, ist auch das Rad an der Welle einem ungleicharmigen Hebel vergleichbar.« — Bei ihm liegt der Unterstützungspunkt *c* (Fig. 37.!), in dem wir uns zugleich die Schwere des Werkzeuges vereinigt vorstellen können, in der Mitte der Achse; als kürzerer Arm steht der Halbmesser des Wellbaumes *cb*, als längerer ein Triebstab oder der Halbmesser der Scheibe *ca* da. Wirken daher Kraft und Last, *P* und *Q*, in senkrechter Richtung und sind sie noch überdies an den äußersten Enden der Halbmesser angebracht; so ist das Gleichgewicht vorhanden, wenn sie sich so zu einander verhalten, wie die Halbmesser des Wellbaumes und des Rades: $P : Q = cb : ca$; dann ist aber auch $P . ca = Q . cb$.

Fig. 37.



Nur an einem Beispiele sollt ihr zeigen, ob euch auch Dies klar geworden ist. — »Angenommen, ein Mensch könnte ohne künstliche Hülfe 30 Pfund von einem Orte zum andern schaffen; über welche Last müßte er dann Herr werden, wenn er sich eines solchen Rades an der Welle, dessen beide Halbmesser sich wie $\frac{3}{4}$ zu 6 verhalten, bedienen dürfte?« — Antwort: über die Last von 240 Pfunden; denn $\frac{3}{4}$ sind von 6 eben so der achte Theil, wie 30 Pfund von 240 Pfunden. —

»4. Die Kraft, welche bei dem Rade an der Welle in Thätigkeit kommt, erscheint sehr verschieden: sie ist nämlich bald, wie bei dem Flügel einer Windmühle, eine auf die Triebstäbe angewandte Druckkraft; bald ein Ausfall von Wasser auf die Schaufeln, welche an dem Umfange des Rades befestigt sind; bald ein Treten von Menschen oder Pferden, wodurch das Rad zu einem Gangrade wird; bald eine Zugkraft, die man an die Triebstäbe legt, und wobei man sich gewöhnlich eines Pferdes bedient, u. s. w.« — Wind- und Wassermühlen, Bergwerke und Wagenschuppen (die Bewegung unserer zwei- und vierräderigen Fuhrwerke hängt ganz von den obigen Betrachtungen ab); selbst Spinnstuben u. s. w. bieten euch die schönste Gelegenheit zu interessanten, überaus nützlichen Anschauungen und Belehrungen dar.

»5. Das Rad an der Welle tritt im Allgemeinen bald als Haspel (Fig. 38.!), bald als Göpel oder Erdwinde (Fig. 39.!)

Fig. 38.

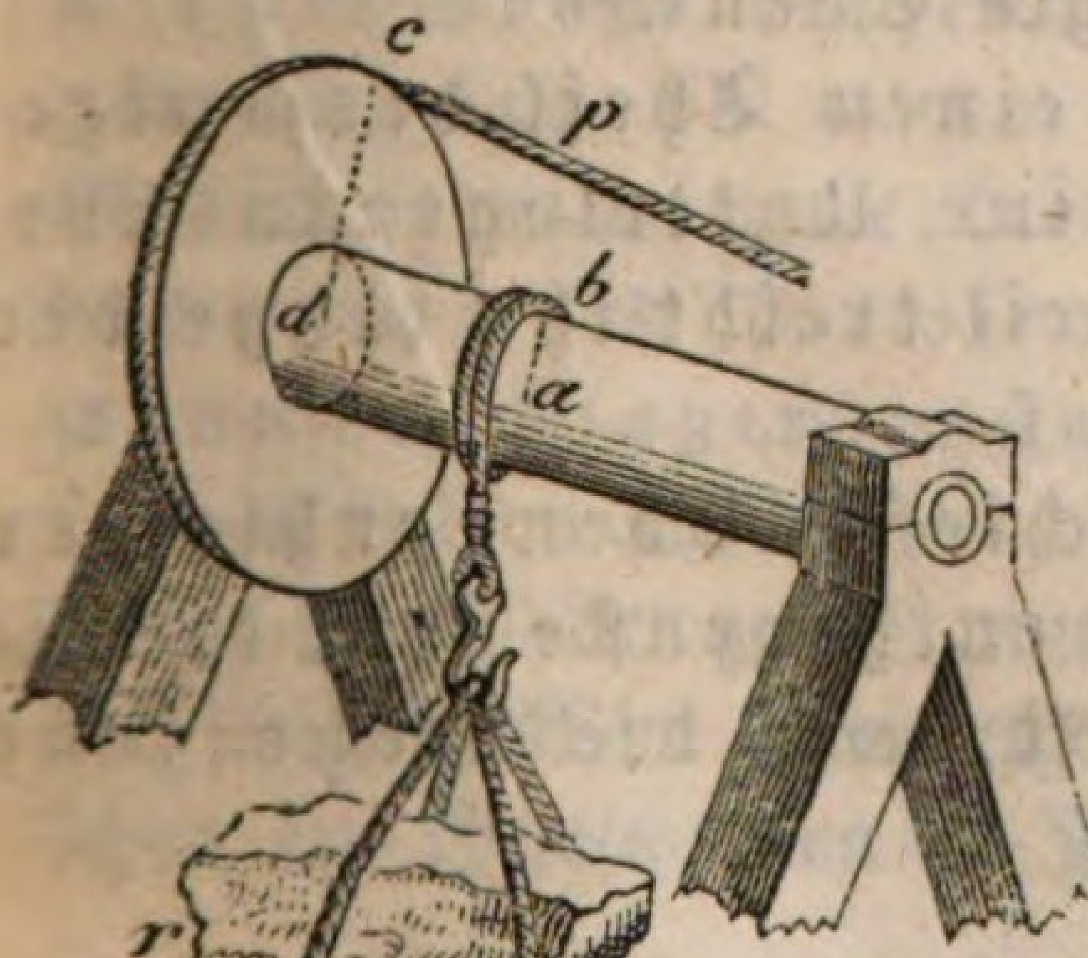
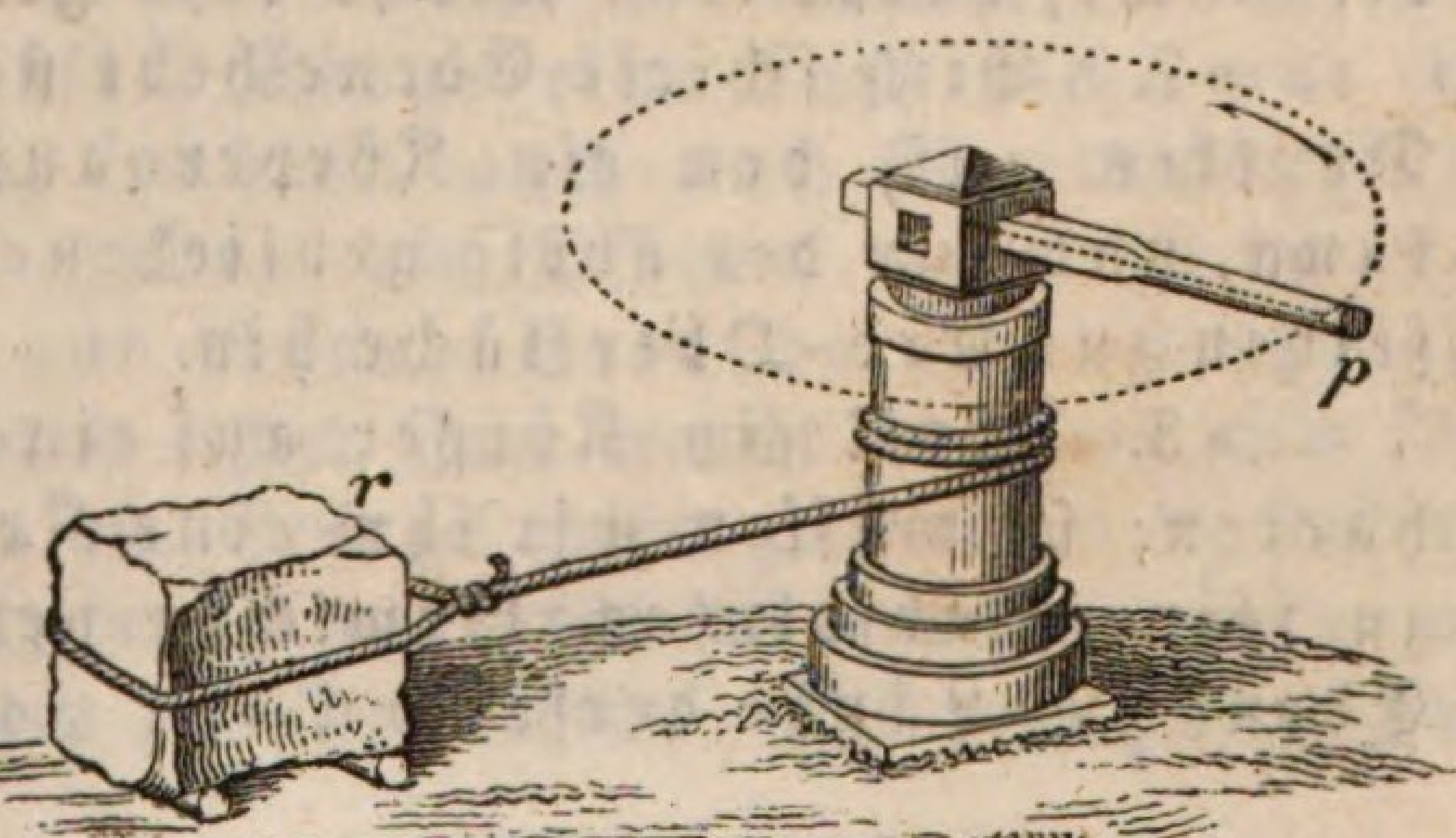


Fig. 39.



auf: als **Haspel**, wenn die Welle eine horizontale Lage hat; als **Erdwinde**, wenn sie lothrecht zu stehen kommt. In beiden Zeichnungen deutet *r* die Last und *p* die ihr entgegenwirkende Kraft an. Bei dem Haspel habe ich euch nochmals auf die Halbmesser der Welle und des Rades, *ab* und *dc*, hingewiesen. Ihr seht nun wol ein, daß wir, um die Last *r* fortzuschaffen, stets nur eine geringe Kraft anzuwenden brauchen.

§. 11.

Die schiefe oder geneigte Ebene.

Welches Mittels sich Fuhrleute, Schiffer, oder auch andere Menschen gewöhnlich bedienen, um gewisse Gegenstände, beispielsweise schwere Fässer, entweder **auf** ihre Fahrzeuge, oder **von** denselben zu bringen, kann euch, weil dergleichen Beschäftigungen täglich wiederkehren, nicht fremd geblieben sein; ein Brett, oder auch ein paar Hebebäume, in schräger Richtung angelegt, führen sie fast immer ohne bedeutenden Kraftaufwand zu dem ersehnten Ziele hin. Diese Erscheinung ist um so mehr einer nähern Untersuchung werth, als mit ihr ein Heer anderer Begebenheiten zusammenhängt. »Sehet nun vor allen Dingen zu, auf welche Wahrheiten euch selbst die wenigen Versuche, die ich sofort in eurer Gegenwart anstellen werde, leiten können!«

Ich bringe diese Glasscheibe zuerst in die wagerechte Lage, nachher aber stufenweise in eine immer größere Neigung zum Horizont, und beschwere sie jedes Mal, sobald sie nämlich wieder in eine andere Stellung übergegangen ist, mit diesem gut polirten Körper. Daß Letzterer auf dem ihm angewiesenen Orte so lange verharrte, als die Scheibe wagerecht schwebte; daß er aber sogleich über die Horizontal-Ebene gleitete, und zwar mit einer desto bedeutendern Geschwindigkeit, je größer der Neigungswinkel gegen dieselbe ward; ja, daß er sich zuletzt, als die Scheibe vollkommen senkrecht stand, mit einer solchen Kraft der Erd-Oberfläche näherte, wie sie selbst bei dem freien Falle der Körper kaum ansehnlicher sein kann: Dies ist es, was ihr gesehen habt, und was mir zugleich die beste Gelegenheit darbietet, euch folgende Belehrungen zu ertheilen:

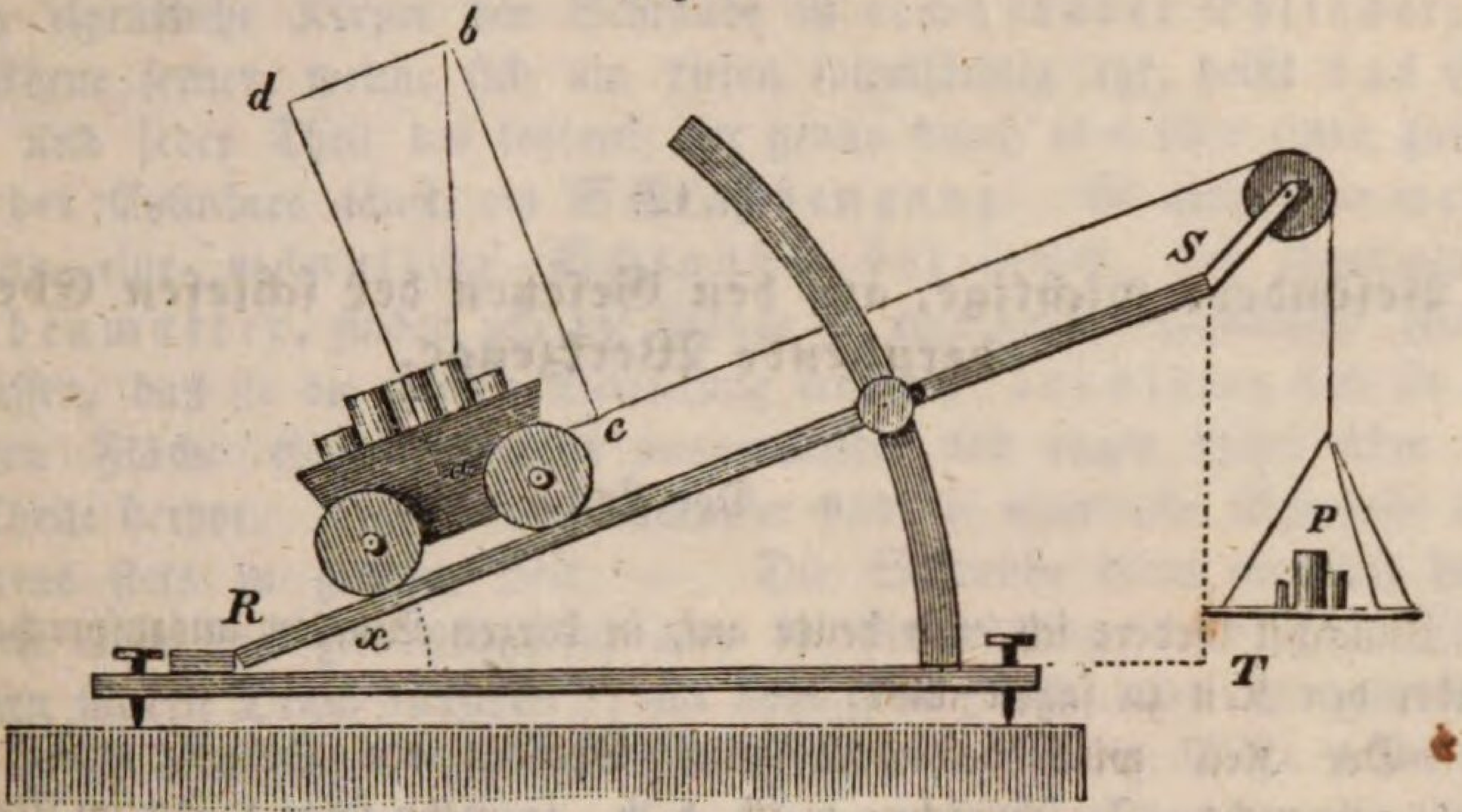
»1. Jede Ebene, die mit dem Horizont einen spitzen Winkel macht, heißt eine **schiefe** oder **geneigte** Ebene.«

»2. Eine schiefe Ebene hebt stets einen Theil desjenigen Druckes auf, den ein Körper auf seine Unterlage ausüben kann, und nur der übrig gebliebene Theil treibt ihn längs derselben zur Erd-Oberfläche hin.«

»3. Soll ein Körper auf einer schiefen Ebene ruhig verharren; so müssen wir ihm eine Kraft entgegenstellen, die sich zu seinem absoluten Gewichte verhält, wie die Höhe jener Ebene zur Länge derselben.«

»Wie aber beweisen wir Letzteres?« — In Fig. 40 bezeichne *RS* die geneigte, *RT* die horizontale Ebene; ferner *SRT* den Neigungswinkel; endlich ein kleiner Wagen den auf die Fläche *RS* gesetzten Körper. Um die Richtung

Fig. 40.



anzudeuten, in der die Schwere wirkt, ziehe ich *ba*, und aus einem Grunde, den ihr kennen lernen werdet, *bd* mit der geneigten Ebene parallel und *bc* und *da* rechtwinklig auf dieselbe. So gelange ich denn zu dem hier wichtigen Parallelogramme *bdac*. Seid ihr anders Dessen, was ich euch früher über diese Figur mitgetheilt habe, noch eingedenk; so kann es euch nicht fremd erscheinen, wenn ich erstens mir die Kraft *ba* in die Seitenkräfte *da* und *bd* zerlegt denke, und wenn ich zweitens behaupte, daß wir nur der Kraft *bd*, weil die Kraft *da* durch den Widerstand der geneigten Ebene aufgehoben wird, das Gleichgewicht zu halten brauchen. Was ich euch endlich noch sage, daß sich nämlich *bd* zu *ba* verhält, wie *ST* zu *SR* (die Mathematiker achten bei Aufstellung dieser geometrischen Proportion auf die Aehnlichkeit der beiden Dreiekke *bda* und *STR*), müsset ihr schon, wofern ihr mit den Aehnlichkeitsfällen unbekannt seid, auf Treu und Glauben annehmen. Gesonnen, die obige Behauptung zu veranschaulichen, darf ich nur an den Wagen, um dessen Bewegung zu verhindern, eine Schnur befestigen, diese um eine Rolle schlingen und das herabhängende Ende mit einem Gewichte, *P*, beschweren.

Zum Schluß meiner Belehrungen über die schiefe Ebene im Allgemeinen lege ich euch folgende zwei Fragen zur Beantwortung vor: 1. »wie steht es mit der Größe derjenigen Kraft, welche wir anwenden müssen, um auf irgend einer schiefen Ebene eine Last nicht nur im Gleichgewicht zu erhalten, sondern auch noch hinaufwärts zu bewegen? und 2. wieviel haben die Pferde mehr zu ziehen, wenn der Wagen anstatt auf ebener Erde bergan fortgefahren werden soll?« — In dem erstern Falle braucht die Kraft, jede Reibung bei Seite gesetzt, nur um ein Geringes größer zu sein, als die Last auf der schiefen Ebene heruntergleitet; betrüge z. B. diese 80 Pfund, so würde uns schon ein Gewicht von 81 Pfunden zum Ziele führen. Bei einem Wagen, der

bergan gefahren werden soll, haben die Pferde außer der Reibung zwischen der Achse und dem Rade auch noch dasjenige Gewicht zu überwinden, welches den Wagen nach den niedern Stellen treibt. —

§. 12.

Besonders wichtige, auf den Gesetzen der schiefen Ebene beruhende Werkzeuge.

a. Der Keil.

Zunächst fordere ich euch heute auf, in kurzen Worten auszusprechen, was ihr über den Keil zu sagen wißt! —

»Der Keil wird besonders zum Spalten des Holzes, großer Steine u. dgl. gebraucht. Je schwächer er ist, d. h., je mehr seine Höhe im Verhältniß zur Breite seines Rükkens beträgt: desto weniger Kraft dürfen wir anwenden, ihn in irgend einen Körper zu schlagen; desto mehr verlieren wir aber auch, weil ein kürzerer Keil bis zu einer gewissen Weite den zu spaltenden Körper schneller aus einander treibt, an Geschwindigkeit. Unsere Messer, Aexte, Degen, Meißel, Scheeren, Pflugschaare, ja selbst Nägel, Nadeln, Spieße, die eine größere Anzahl Seitenflächen besitzen, sind zuletzt nichts weiter, als Keile.« —

Dem Allen füge ich Folgendes bei:

»1. Der Keil heißt **einfach**, wenn die **eine** Seite mit der Grundfläche unter einem Rechtwinkel zusammenstößt; hingegen **doppelt**, wenn beide Seiten von der Grundfläche aus zugeschärft sind.« — Nur den Letztern habt ihr vorhin ins Auge gefaßt. Ersterer dient besonders dazu, verschiedene Lasten in die Höhe, oder auch irgend ein Paar Flächen einander näher zu bringen.

»2. Bei dem Gebrauche des Keiles bildet der Widerstand, den die Theile eines Körpers ihrer Trennung entgegensetzen, die Last; die Kraft ferner ist, wenigstens in den meisten Fällen, kein Druck, sondern ein Stoß oder Schlag, dessen Stärke nach den Gesetzen über das Gleichgewicht sich gar nicht beurtheilen läßt.«

»3. Nennen wir die Breite oder Dikke eines Keiles A, die Länge desselben B; so verhält sich P zu Q, d. h. die Kraft zur Last, wie A zu B.« — Habt ihr daher ein Messer, dessen Rükken sich zu seiner Seitenbreite wie 1 zu 20 verhält; so bedürft ihr, um vermittels desselben in Brot, Holz, oder irgend einen andern Körper zu dringen, nur $1/_{20}$ derjenigen Kraft, mit welcher die zu trennenden Theile an einander haften.

»4. Die Reibung ist überall da, wo ein Keil fortgetrieben wird, ungemein stark und bringt daher sehr erhebliche Unterschiede hervor.« — Diese übergehe ich hier.

b. Die Schraube und die Schraube ohne Ende.

Der eigentliche Körper der Schraube ist ein gerader Cylinder; die schräge Ebene ferner, welche sich um diesen spiralförmig legt, heißt das Gewinde, und jeder Theil des letztern, der genau durch oder über einen ganzen Umfang des Cylinders läuft, ein Schraubengang. Es giebt eine weibliche und eine männliche Schraube: bei jener, der sogenannten Schraubenmutter, finden wir die Gänge in eine hohle, cylindrische Fläche so eingelassen, daß sie die stärkste Vertiefung erhalten; bei dieser sind sie auf der äußern Fläche eines Cylinders ausgearbeitet und ragen daher über alle andern Theile hervor. Die Schraubenmutter und die männliche Schraube wirken übrigens stets zu gleicher Zeit. — Die Schraube dient ebenfalls dazu, das Heben einer Last zu erleichtern, oder bei Anwendung einer nur mäßigen Kraft einen starken Druck auszuüben; am häufigsten jedoch wird sie gebraucht, 2 Stükke eines Werkzeuges oder einer Geräthschaft gegenseitig so zu verbinden, daß sie zwar fest zusammenhalten, aber sich auch leicht wieder trennen lassen. Einen großen, zugleich sehr auffallenden Gebrauch der Schraube könnt ihr bei den Druckwerken einer Münze sehen.« — Merket noch Folgendes!

»1. Die Kraft, durch welche irgend eine Schraube in Bewegung gesetzt werden soll, ist entweder unmittelbar an dem **einen** Ende derselben, oder auch mittelbar an dem Ende einer Hebestange angebracht.«

»2. Der Aehnlichkeit wegen, welche die Schraube mit dem Keile besitzt, ist sie auch ähnlichen Gesetzen unterworfen; es findet nämlich bei ihr das Gleichgewicht nur dann Statt, wenn sich die Kraft zu der Last oder dem Widerstande verhält, wie die Entfernung zweier Gewinde zum Umfange des Cylinders.« —

Fig. 41.

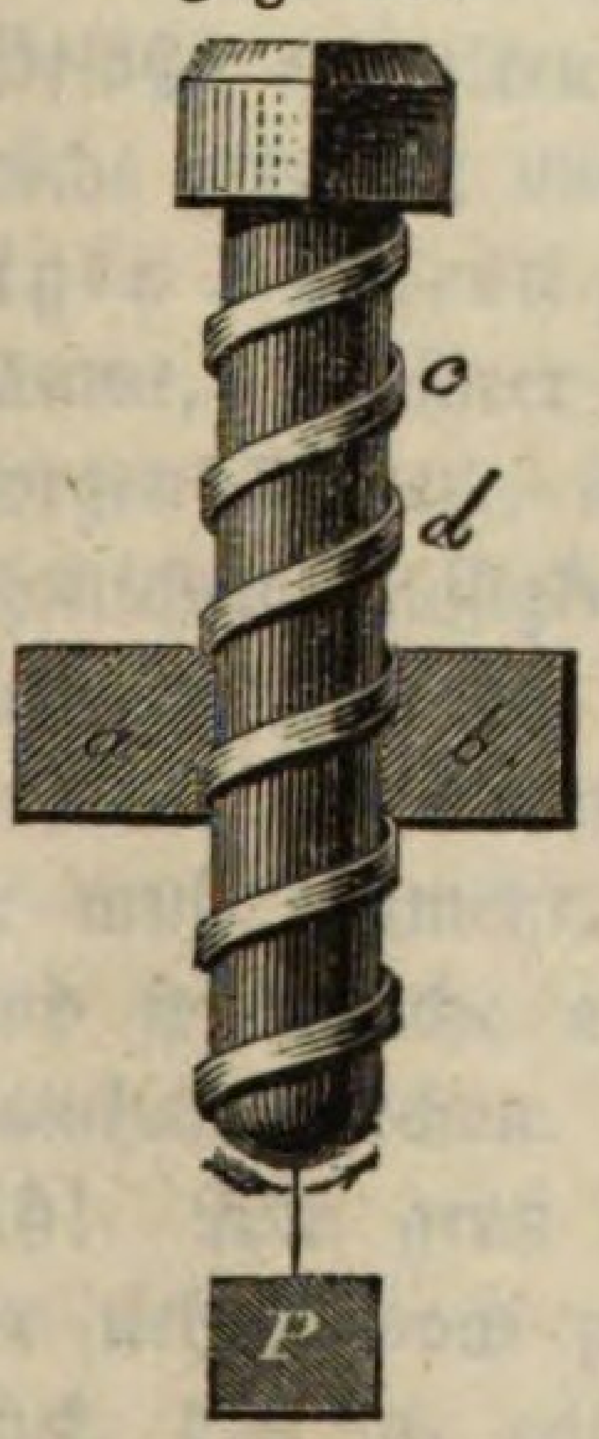
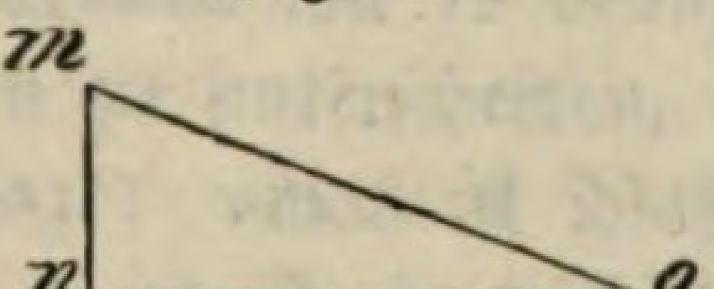


Fig. 42.



Gesetzt, in dem Dreiekke *mno* (Fig. 41. und 42.) gäbe *mn* die Weite eines Schraubenganges (*mn* ist = *cd* genommen) und *no* den Umfang des Cylinders an; so bildete, wenn wir das Dreieck um den Cylinder wikkelten, *mo* einen Schraubengang. Die Hervorragungen der Schraube passen genau in die Vertiefungen der Schraubenmutter *ab*. Drehen wir nun, während Letztere fest ist, die Schraube nach der Richtung des Pfeils; so wird die Last, die ihr auch hier mit *P* bezeichnet seht (die Kraft nenne ich später *Q*), gehoben. Beachtet nur hauptsächlich den Umstand,

daß P, während die Drehung, also die Kraft, mit no oder dem Pfeile parallel wirkt, auf die schiefe Ebene der Schraubengänge drückt! Wisset ihr nun noch, daß sich die Kraft, mit welcher ein Körper auf der schiefen Ebene zurückgehalten werden muß, zu dessen Gewichte verhält, wie die Höhe jener Fläche zur Länge derselben; dann könnt ihr auch keinen Augenblick daran zweifeln, daß hier $\frac{Q}{P} = \frac{no}{mn}$, oder daß P so oft in Q enthalten ist, als die Weite eines Schraubenganges im Umfange des Cylinders. Wir finden daher die Größe des Widerstandes, den eine Schraube überwältigen kann, wenn uns die Kraft, der Umfang des Cylinders und die Weite der Gänge bekannt sind.

»3. Eine Schraube, die aus einer Schraubenspindel und einem Stirnrade so zusammengesetzt ist, daß die Gewinde zwischen den Radzähnen eingreifen, **einen** Zahn nach dem andern fortschieben und auf diese Art das Rad umdrehen, heißt, weil bei der steten Wiederkehr des Rades die Schraube unaufhörlich fortbewegt werden kann, **Schraube ohne Ende.**« — Bei der Winde der Fuhrleute, bei Meßscheiben, Winkelmessern, ganz besonders aber bei solchen Werkzeugen, die sanfte Bewegungen veranlassen sollen, ist die Schraube ohne Ende unentbehrlich.

Dritter Abschnitt.

Die Bewegung und das Gleichgewicht tropfbarflüssiger Körper.

Vorherbemerkung. Es giebt keinen tropfbarflüssigen Körper, der eine größere Wichtigkeit besitzt, als das Wasser; ich werde daher in diesem Abschnitte fast nur von ihm sprechen. Immer aber bleibt es nothwendig, Alles, was hier über den Druck, die Bewegung, das Gleichgewicht u. s. w. desselben mitgetheilt wird, auch auf die andern tropfbaren Flüssigkeiten bald mehr, bald weniger überzutragen.

§. 1.

Das Wasser im Vergleich zu mehrern andern tropfbaren Flüssigkeiten.

Wir nennen bekanntlich den Körper, welcher in dem vor euch stehenden Gefäße enthalten ist, Wasser; wir wissen ferner, daß er, weil seine Theile leicht getrennt und in einander verschoben werden können, den tropfbarflüssigen Körpern zugezählt wird. Das Wasser dringt selbst in solche Zwischenräume, die ihrer Geringfügigkeit halben auch dem bewaffneten Auge stets verborgen bleiben; so nennen wir es denn, um es von Theer, Honig, Syrup und ähnlichen Flüssigkeiten zu unterscheiden, einen leichtflüssigen Körper. Wer sich übrigens die Frage: »was ist Wasser?« vollständig beantworten will, darf sich mit den Worten: »es ist ein leichtflüssiger Körper,« nicht begnügen lassen; er muß vielmehr, damit seine Erklärung nicht etwa auch auf Oel, Weingeist und so manche andere Flüssigkeit passe, noch einige Eigenschaften des Wassers namhaft machen. So richtet denn eure Blikke zum zweiten Mal in mein Gefäß! Wie groß die Menge Wassers, welche es in sich faßt, auch sein möge, ihr nehmt doch jederzeit den Boden wahr, und unter andern auch das Geldstück, das ich auf denselben geworfen habe. »Wo aber habt ihr wol gehört, daß solche Körper, die uns nicht hindern, vermittels des Gesichts andere, unter oder hinter ihnen befindliche wahrzunehmen, durchsichtig genannt werden?« Indem ihr drittens die Farbe zu bestimmen sucht, die das Wasser in meinem

Gefäße an sich trägt, befremdet es euch wahrscheinlich, es von diesem lieblichen Schmucke der Pflanzen, Vögel, Schmetterlinge und zahlloser anderer Körper entblößt zu sehen. Ja, das Wasser ist nicht nur tropfbar, leichtflüssig und durchsichtig, sondern auch farblos. Wie von diesen Eigenschaften, überzeuget euch zuletzt von seiner Geruchs- und Geschmackslosigkeit!

»Das Wasser ist mithin ein tropfbarer, leichtflüssiger, durchsichtiger, weder mit Farbe, noch mit Geruch und Geschmack begabter Körper.«

Schließlich beachtet noch folgende 4 Punkte!

1. Das Wasser, welches ihr zu wiederholten Malen angeschaut habt, ist destillirt oder abgezogen, d. h. von allen fremden Zusätzen so viel, als möglich, befreit. Bei Quell-, Fluß-, Brunnenwasser u. dgl. vermissen wir bald diese, bald jene oben angegebene Eigenschaft. Redensarten, wie folgende: »das Wasser schmeckt hart, weich, sauer, bitter, salzig u. s. w.; es riecht unangenehm; es hat eine gelbliche Farbe u. s. w.« beruhen auf dem Umstande, daß es nicht selten mit verschiedenen Dingen gemischt erscheint. Je reiner es ist, desto mehr Weichheit, — je unreiner, desto mehr Härte besitzt es. Fast rein liefert es uns die Natur im Schnee- und Regenwasser. »Worin liegt wol die vornehmste Ursache, daß selbst solches Wasser von fremdartigen Theilen nicht ganz frei ist?«

2. Das Wasser geräth zuweilen in Fäulniß und bekommt einen abscheulichen Geschmack. — Auch Dies ist eine Wirkung fremder Stoffe. Leget nur in dasselbe irgend eine thierische, oder pflanzenartige Masse; und es dürfte in Kurzem der bezeichnete Zustand eintreten. Es wird jedoch selbst solches Wasser, wofern sich anders bei ihm jene Masse als erdiger Schlamm absondert und zu Boden sinkt, wieder trinkbar. Mit der letztern Verwandlung sind namentlich die Seefahrer nicht unbekannt; denn sie lassen z. B. das süße Wasser, welches sie mitgenommen haben, seine Gährung (diese tritt nämlich bei der Fäulniß immer ein) ruhig vollenden, und trinken es nachmals lieber, als es früher der Fall gewesen ist.

3. Als ein kräftiges Mittel gegen die Fäulniß des Wassers und auch anderer tropfbarflüssiger Körper ist die Kohle berühmt. — Gesonnen, von ihr in dieser Beziehung Gebrauch zu machen, zerstoßet sie nur zu Pulver, thuet sie dann in das verdorbene Wasser, gießet einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure hinzu, rühret Alles unter einander und seihet zuletzt die Flüssigkeit durch ein reines hänfenes, oder wollenes Tuch! Auf dieselbe Weise könnt ihr auch Oel, Branntwein u. dgl. theils gut erhalten, theils sie von ihren übeln Eigenschaften wieder befreien. Das Oel z. B. verliert seinen ranzigen Geschmack, und wird, wenn es sich noch im tadellosen Zustande befindet, mit der Kraft, sich nun recht lange brauchbar zu erhalten, begabt. Selbst dem Honige, dem Syrup aus Runkelrüben u. s. w. verleiht die pulverisirte Kohle einen bessern Geschmack. Wie schätzenswerth muß den Seefahrern das Mittel sein, durch das sie verdorbenes Wasser wieder gut machen können!

4. Das Wasser ist eine selbstständige Flüssigkeit, d. h. durch sich selbst und im reinen Zustande tropfbar. — Ganz so steht es mit dem Quecksilber, Weingeiste, Aether, und den flüssigen

Oelen: das Quecksilber wird am reinsten aus Zinnober gewonnen, erscheint zinnweiß, undurchsichtig, von starkem Glanze, und löst bis auf das Eisen, an dem sich gleichsam seine Kraft bricht, alle andern Metalle auf; — der Weingeist, diese brennbare Flüssigkeit, von dem wir bei den physikalischen Versuchen vielleicht eben so oft, als von dem Quecksilber, Gebrauch machen, bildet sich, wenn süße Pflanzensäfte die Weingährung bestehen, und einen Theil desjenigen Zukkers, welchen sie enthalten, in einen tropfbaren Körper verwandeln; — der Aether, den ihr weder mit Bergnaphtha, der feinsten Art des Bergöls, noch mit jener elastischen Flüssigkeit, die nach der Annahme der Physiker durch den ganzen Weltenraum verbreitet sein soll, verwechseln dürft, wird mittels der Säuren aus Alkohol oder höchst gereinigtem Weingeiste erzeugt (Schwefelsäure mit Weingeist giebt uns beispielsweise den Schwefeläther), ist überaus flüchtig, entzündet sich schon bei Annäherung einer Flamme, und wirkt bei manchen Körpern, unter andern bei dem elastischen Harze, als Auflösungsmittel; — über die flüssigen Oele braucht hier, da sie allgemein bekannt sind, nichts gesagt zu werden.

§. 2.

Die Ausdehnbarkeit, Zusammendrückbarkeit und Elasticität des Wassers.

Noch immer ist mein Gefäß mit Wasser angefüllt. Ich hebe es nun auf einen Dreifuß, mache unter dasselbe Feuer an, und beobachte mit euch zugleich, welche Veränderungen allmälig bei ihm sichtbar werden. Die wichtigste aller offenbart sich uns schon nach wenigen Minuten. Nicht gesonnen, hier lange bei solchen Versuchen zu verweilen, die ich später noch ein Mal machen muß, bemerke ich kurz Dies, daß der Allgemeinsatz: »bei steigender Wärme dehnen sich die Körper aus, bei abnehmender ziehen sie sich wieder zusammen,« bei dem Wasser seine Anwendung in einem recht bedeutenden Grade findet. Das Wasser besitzt also die Eigenschaft der Ausdehnbarkeit; »ist es aber auch compressibel oder zusammendrückbar?« Mit Rücksicht auf die bekannte Erscheinung, welche es uns bei abnehmender Wärme darbietet, müssen wir diese Frage sofort bejahen; ganz anders aber verhält es sich dann, wenn wir vermittels des mechanischen Drukkes die Zusammendrückbarkeit des Wassers, überhaupt irgend einer tropfbaren Flüssigkeit, nachweisen wollen. Verhindert, hierher gehörige Experimente anzustellen, kann ich euch nur sagen, daß tropfbare Flüssigkeiten im Allgemeinen ungleich weniger compressibel, d. h. zusammendrückbar, sind, als feste Körper. So würden z. B. selbst 3 Zoll dikke Wände eines Kanonenlaufes eher bersten, als daß sich das in ihm enthaltene Wasser auch nur um $^{9}/_{200}$ seines Volumens zusammenpressen ließe. Der Beweis hierzu liegt nahe. Wie ihr vielleicht später noch ausführlicher hören werdet, verringert sich durch den Druck einer Atmosphäre das Volumen des Wassers kaum um $^{1}/_{2000}$; nun aber sind keine 1000 Atmosphären nöthig, einen Cylinder, der aus Messing bereitet und mit 3 Zoll dikken Wänden versehen ist, zu zersprengen. Unter allen Körpern lassen sich die Luft und die Gase am leichtesten zusammendrükken. —

Für die Elasticität des Wassers sprechen eine Menge Erscheinungen im gewöhnlichen Leben. Ein platter Stein z. B., der auf eine große Wasserfläche mit einer gewissen Geschicklichkeit geworfen wird, hüpft auf derselben so lange dahin, bis ihn seine Schwere überwältigt und zu Boden treibt. So erscheinen ferner die Fische in einem Weiher oder Teiche sogleich, da sie vermittels einer Glokke zur Fütterung gerufen werden, an der Oberfläche des Wassers. »Und höret nicht auch ihr, wenn ich meinen Hammer an eine unter Wasser getauchte Glokke schlagen lasse, den Schall?« Würde die Wirkung eine andere, sobald das Wasser durch Kochen, oder auch vermittels der Verdünnungspumpe seine Luft verloren hat; so könnten wir leicht glauben, es pflanze die Luft auch in diesem Falle den Schall fort. Allein der Erfolg bleibt selbst bei den verschiedensten Umständen immer derselbe. Wie jene Erscheinungen für die Elasticität des Wassers im Allgemeinen sprechen; so wieder folgende für das geringe Maß, in welchem sie demselben einwohnt. Bewegt ihr eure flache Hand langsam über die Oberfläche des Wassers hin, so empfindet ihr nur einen äußerst geringen, ja vielleicht gar keinen Schmerz; thut ihr Dies aber schnell und mit Kraft, so erhaltet ihr einen sehr unangenehmen Schlag. Wäre es euch möglich, den bezeichneten Versuch mit einer ungeheuren Geschwindigkeit auszuführen: so würde eure Hand ebenso, wie von der Kugel einer losgebrannten Kanone, von dem Arme getrennt und weit fortgeschleudert werden. An Beispielen, daß Leute Degenklingen auf dem Wasser zerschlagen haben, fehlt es nicht; ja selbst Flintenkugeln, die sie in einer recht schrägen Richtung, d. h. unter einem ungemein kleinen Winkel, auffallen ließen, prallten zuweilen von demselben zurück. Letzteres erfuhr einst jener Jäger, der nach den Karpfen eines Teiches schoß und mehrere Schrotkörner in sein eigenes Gesicht erhielt. Wer übrigens weiß, daß die Elasticität des Wassers nur vermittels großer Kräfte und sehr künstlicher Vorrichtungen anschaulich gemacht werden kann, erwartet von mir gewiß keine auf sie sich beziehenden Experimente. Wie feste und elastischflüssige Körper (stellet euch hierbei nochmals die Versuche mit Kautschuck, Elfenbein, Stahlstreifen, Luft u. s. w. vor!), dehnen sich auch tropfbarflüssige sogleich wieder aus, als die Kraft, durch welche sie gepreßt werden, zu wirken aufhört.

Höret bei dieser Gelegenheit noch Folgendes!

Ihr wißt zwar Alle, daß sich das Wasser, genügend erkaltet, in einen festen Körper verwandelt, und daß dieser Körper **Eis** genannt wird; nicht Jeder indeß dürfte auch damit bekannt sein, daß es sich bei dem bezeichneten Uebergange plötzlich ausdehnt, und, zu dieser Zeit in enge Räume eingeschlossen, eine überraschende Kraft offenbart. — Einst goß ein Naturforscher Wasser in starke, eiserne Röhren, verstopfte hierauf dieselben und setzte sie einer bedeutenden Kälte aus. Und seht! in dem Augenblikke, da das Wasser gefror, flogen sämmtliche Röhren aus einander. Der Versuch mit dikken Bomben lieferte ihm ein gleiches Resultat. — Balken, starke Bäume, ja selbst mächtige Felsen zerbersten, wann sich die in ihnen befindlichen Wassertheile in Eis verwandeln. Weniger auffallende, übrigens aus derselben Ursache hervorgehende Erscheinungen sind das Bersten der Blumentöpfe, das Zerspringen gläserner Flaschen und ähnlicher Körper im Winter. »**Wie aber mag es wol zugehen, daß das Eis einen größern Raum einnimmt, als das**

Wasser, aus dem es sich gebildet hat?« Leider schweben wir hierüber noch in Ungewißheit. Wann das Wasser gefriert, entstehen lange Nadeln, die sich unter Winkeln von 60 oder 120 Graden regelmäßig an einander setzen. Daß nun diese Nadeln sich gegenseitig nicht so, wie früher die Wasserkügelchen, verbinden können, leuchtet euch eben so klar ein, als daß die Eiskügelchen in ihrer Bewegung, weil das Wasser während des Gefrierens dem Gesetze der Kristallisation mehr folgt, als dem Gesetze der innern Anziehung, viel leere Räume bilden müssen. In dieser unregelmäßigen Bewegung liegt unstreitig eine der wichtigsten Ursachen zu obiger Erscheinung; auch dürfte das Eis gerade dadurch leichter werden, als Wasser, weil aus dem letztern, wann es in den festen Zustand übergeht, eine Menge Luft entweicht.

»Je größer die Kälte, desto härter das Eis.« — Die Härte, welche zuweilen das Eis im hohen Norden erreicht, ist so bedeutend, daß es sich kaum mit einem Hammer zerschlagen läßt. Folgende Thatsache spricht am besten für meine Behauptung:

»In dem äußerst strengen Winter von 1740 befahl die Kaiserin Anna von Rußland, aus dem Eise der Newa einen Palast zu erbauen. Derselbe erhielt eine Länge von 52½, eine Breite von 16½ und eine Höhe von 20 Fuß. Alle Stükke, deren man sich bediente, waren wie Quadersteine geformt und nach den Regeln der Baukunst auf einander gelegt; selbst Stühle und Tische, Schränke und Kommoden, Nägel, Schlüssel, Fensterscheiben u. dgl. bestanden aus Eis. Vor dem Palaste sah man aus derselben Masse 2 Bombenmörser und 6 gewöhnliche Kanonen mit ihren Lavetten. Daß aus diesem Geschütz, ohne es zu zersprengen, gefeuert werden konnte, liefert für die fast unglaubliche Härte des Eises bei strenger Kälte den schönsten Beweis. Anfangs schoß man zwar nur mit fest gedrehten hänfenen, zuletzt aber mit eisernen Kugeln. Die Ladung bestand gewöhnlich noch außerdem aus einem Viertelpfunde Pulver. Merkwürdig genug, enthielt der Eispalast auch eine Badstube, die, was gewiß auch eure Bewunderung im höchsten Grade erregt, einige Male geheizt worden ist. Nach ungefähr zwei Monaten verschwand das kunstvoll aufgebaute Haus allmälig wieder. Außer einigen großen Stükken, welche in die kaiserlichen Eiskeller gebracht worden waren, verzehrte ihn nämlich gegen Ende März die angenehme Frühlingswärme.«

§. 3.

Die Schwere des Wassers überhaupt.

Ich setze heute zuvörderst dieses kleine blecherne Gefäß auf die eine Schale meiner sehr empfindlichen zweiarmigen Wage, und beschwere die andere, um das verloren gegangene Gleichgewicht wieder herzustellen, mit einigen Gewichten, beispielsweise mit 1½ Loth. Dann fülle ich es bis oben hin mit Wasser an, und erforsche, wieviel Gewichte die zweite Schale, falls sie der ersten abermals das Gleichgewicht halten soll, aufs neue verlangt. Es sind hierzu 1²⁄₉ Loth erforderlich. So wisset ihr denn, welche Schwere das Wasser in meinem blechernen Gefäße besitzt; allein mit dem Raume, den es einnimmt, seid ihr noch unbekannt. Merket! derselbe beträgt genau 1 Kubikzoll. Wer nun an-

ders über den Inhalt irgend eines Flüssigkeitsmaßes aufgehellt ist, muß auch die Wassermenge, welche in dasselbe geht, berechnen können. »Wieviel wiegt z. B. 1 Kubikfuß Wasser?« — Ihr habt indeß hierbei noch mancherlei zu erwägen:

1. Das Wasser, welches ich gewogen habe, war abgezogen oder destillirt und besaß ungefähr 15 Grad Wärme nach Réaumur. — Nur von solchem Wasser wiegt 1 Kubikzoll 1²/₃ Loth. Warum unreines Wasser, wie auch reines, dieses aber von einem andern Temperatur-Grade, bald mehr, bald weniger schwer sind, bedarf keiner abermaligen Erläuterung. Dasselbe Eimergefäß, im Sommer und Winter mit Flußwasser angefüllt, giebt beinahe 1 Pfund Gewichtsunterschied. Letzterer lehrt uns übrigens nur die scheinbare Ausdehnung des Wassers kennen; die wirkliche würden wir erst dann erfahren, wenn wir uns bei dem Abwägen eines solchen Apparates, auf den die Wärme selbst nicht den geringsten Einfluß ausübte, bedienen könnten.

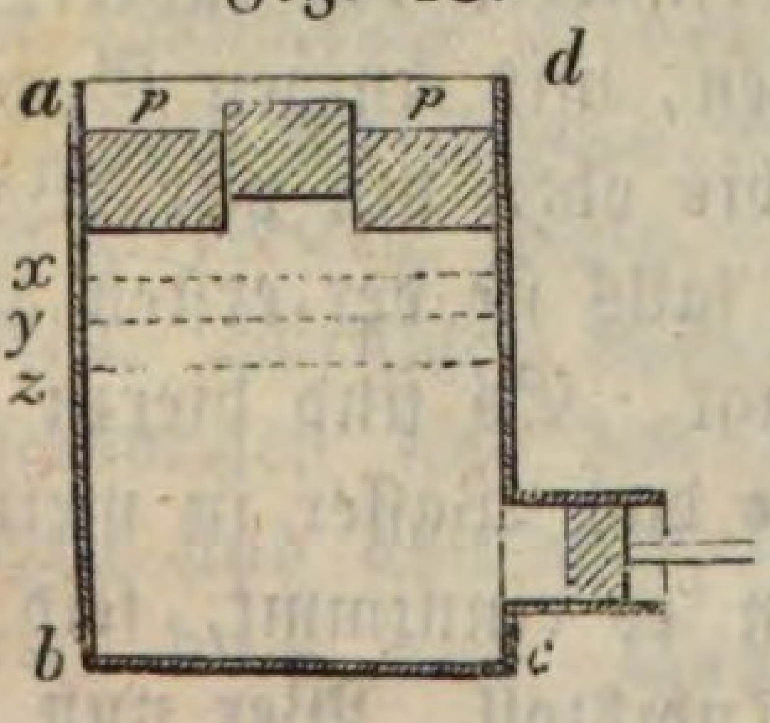
2. Weil das Wasser schwer ist, so bewegt es sich von den höhern nach den niedern Oertern hin; aus den Quellen fließt es in die Bäche, aus den Bächen in die Flüsse, aus den Flüssen in die See. — Und doch wird des Wassers im Meere nicht mehr. Das kommt hauptsächlich daher, daß dasselbe der Ausdünstungen wegen, welche besonders in der heißen Zone sehr befördert werden, wol eben so viel verliert, als gewinnt. Wer die Schwere des Wassers noch auf einem andern Wege kennen lernen will, gehe nur zu einer Wassermühle hin; und er wird erstaunen, wie zuweilen eine äußerst geringe Menge ein bedeutend großes Rad bewegt. Es giebt überhaupt der Erscheinungen, welche auf der Schwere des Wassers beruhen, unzählige; »nennet noch einige, und füget zugleich die nöthigen Erklärungen hinzu!« —

§. 4.

Der Druck des Wassers auf Wasser und auf andere Körper.

Die beiden Kräfte, welche auch die Eigenschaften der tropfbaren Körper bedingen, sind, wie euch der erste Abschnitt gelehrt hat, die Schwer- und die Cohäsions-Kraft: erstere wirkt bekanntlich auf die genannten Flüssigkeiten ganz so, wie auf feste Körper; letztere ist wieder die alleinige Ursache, daß uns dieselben in ihrem eigenthümlichen Zustande, mithin nicht als feste oder elastischflüssige Körper, erscheinen. Stellet euch nun vor, wir besäßen in dem Gefäße *a b c d* (Fig. 43.) solches Wasser, das zwar, weil es nicht nur unten und an den Seiten, sondern auch an seiner Oberfläche, und zwar hier von dem festen Stempel *p*, vollständig bedeckt wird, einen bestimmten Grad der Dichtigkeit erhalten hätte, aber, was bei ihm freilich eben so wenig, als bei einer andern Flüssigkeit der Fall ist, ohne alle Schwere wäre; und fraget euch dabei zugleich: 1. obwol es bei ihm, damit wir es in Ruhe sehen, erst eines Gefäßes bedürfe; und

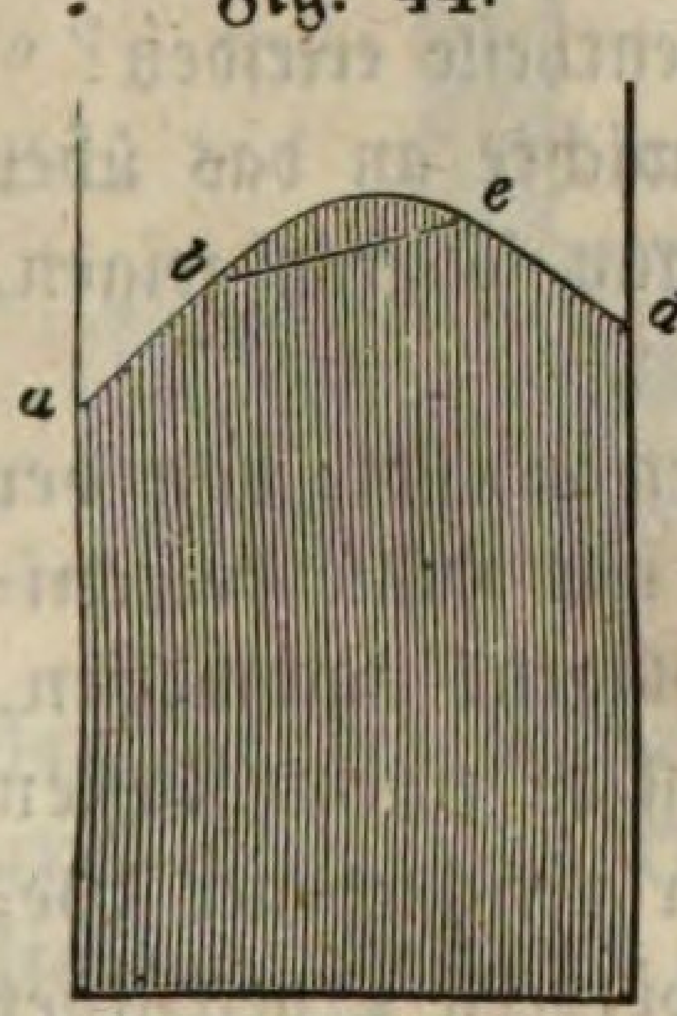
Fig. 43.



2. wie sich der Druck, der sogleich entsteht, wann wir den uns auch als gewichtlos gedachten Stempel *p* auf irgend eine Weise belasten, fortpflanzen werde! Offenbar kann eine solche Flüssigkeit, sich selbst überlassen, nicht fallen, und, bereits durch ein Gefäß gesperrt, weder durch eine Oeffnung im Boden, noch durch eine andere in dem Stempel oder einer Seitenwand ausfließen. Anders verhält es sich mit ihr, wenn der Stempel eine Last zu tragen erhalten hat; in diesem Fall müßte die oberste Schicht derselben, *x*, sinken, wenn sie nicht durch die zweite unter ihr befindliche, *y*, aufgehalten würde. Wie nun *p* auf *x* und *x* auf *y* drückt; so *y* auf *z*, *z* auf die nun folgende Schicht u. s. w. bis zu dem Boden des Gefäßes hin. Letzterer erleidet daher einen Druck, als wenn der Stempel unmittelbar auf ihm ruhete. Wer dies Alles wohl erwogen hat, kann unmöglich länger daran zweifeln, daß der Druck 1. sich von oben nach unten ohne Verlust fortpflanzt; 2. in jedem Punkte gleich, und 3. stets der Ausdehnung derjenigen Fläche, welche wir zur Betrachtung vor uns haben, proportional ist. — Mit Rücksicht auf den Stempel und die Seitenwände findet Dasselbe Statt. Gesetzt, ich bohrte in einen dieser Theile irgendwo ein Loch; dann würdet ihr das Wasser hervorspritzen sehen, und euch zugleich überzeugen, daß der Ausfluß nur durch einen Gegendruck verhindert werden kann, der zur Belastung sich eben so verhält, als die Fläche des Loches zur Unterfläche des Stempels: kurz, die Flüssigkeiten verbreiten den Druck, der auf irgend einen Theil ihrer Oberfläche ausgeübt wird, nach allen Seiten hin gleichmäßig. Dies ist natürlich auch bei schweren Flüssigkeiten der Fall. Der Druck, den bei ihnen die einzelnen Moleküle erleiden, rührt von deren eigener Schwere her; es macht daher keinen Unterschied, ob die Flüssigkeiten schwer, oder gewichtlos sind.

Das Wasser in meinem Gefäße befindet sich in Ruhe; »wie steht es wol mit seiner Oberfläche?« Abgerechnet den geringen Einfluß, welchen auf dasselbe die Wände des Gefäßes ausüben (erinnert euch hierbei der Capillarität!), findet sie Jeder vollkommen horizontal. Und so muß es auch sein. Gesetzt, sie erschiene nicht wagerecht, oder, wie wir uns auch ausdrükken können, nicht rechtwinklig zur Richtung der Schwerkraft, sondern hätte beispielsweise die Lage von *abed* (Fig. 44.); so dürftet ihr euch nur durch 2 Punkte derselben, etwa durch *b* und *e*, eine schiefe Ebene gelegt denken, und es würde euch sofort einleuchten, daß die auf jener Ebene liegenden Wasserkügelchen so lange hinabgleiten müssen, bis die Oberfläche überall die horizontale Lage angenommen hat. — Wie mit Wasser in einem gewöhnlichen Gefäße, verhält es sich auch mit dem Wasser im Meere. So ist es denn klar, daß die Oberfläche aller Meere, wenn die Schwerkraft allein wirkte, Theile einer Kugel bilden und von dem Mittelpunkte der Erde überall gleich weit entfernt sein müßte.

Fig. 44.



Zur Berechnung des Druckes, welchen solche flüssige Massen, die sich im Gleichgewichte befinden, sowol auf den horizontalen Boden, als auch auf die Wände irgend eines Gefäßes ausüben, habe ich nicht nur mehrere Gefäße mitgebracht, sondern auch von jedem derselben eine Zeichnung entworfen. Das

erste Gefäß ist ein gerades, prismatisches Glas (Fig. 45.); das zweite ein trichterähnlicher, also nach oben hin sich erweiternder Topf (Fig. 46.); das dritte stellt so ziemlich eine gewöhnliche Flasche vor (Fig. 47.). Alle drei sind bereits

Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47.



fast bis zum Rande hin mit Wasser angefüllt. Bezeichnen wir die Bodenfläche mit f^2 und die Höhe der Wassersäule mit h; dann muß der Gesammtdruck, den das Wasser auf den Boden des geraden, prismatischen Glases ausübt, $f^2.h$ gleich sein. Daß er auch bei dem trichterähnlichen Topfe so groß ist, als das Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche dem Boden und deren Höhe dem senkrechten Abstande beider horizontalen Flächen von einander gleich kommt (zwei auf der Grundfläche senkrecht stehende Striche deuten diesen Abstand an), leuchtet euch gewiß ein, wenn ich diesen unten und oben offenen Cylinder in den Topf schiebe, und wenn ihr dabei bemerkt, daß die Bodenflächen beider Gefäße genau auf einander passen. Offenbar sind alle Wassertheilchen, die ihre Stelle außerhalb des eingetauchten Cylinders haben, für den Boden des Topfes gleichsam gar nicht vorhanden. So verhält es sich auch, wenn der Cylinder aus dem Wasser wieder hervorgezogen worden ist. — Die obige Formel: $f^2.h$, findet endlich auch bei der Flasche, meinem dritten Gefäße, seine Anwendung. Erwäget nur hierbei hauptsächlich zweierlei: 1. diejenigen Theile der Bodenfläche, welche unter der Oberfläche der Wassermenge senkrecht liegen, sind unstreitig einem Druck ausgesetzt, der dem Druck aller auf ihm ruhenden Wassersäulchen gleich kommt; und 2. solche Flüssigkeiten, deren Gleichgewicht hergestellt ist, verbreiten den Druck nach allen Seiten hin gleichmäßig fort! „Müssen bei so bewandten Umständen jenen Druck nicht auch die übrigen Bodentheile erleiden?“ Könnte ich den Boden beweglich machen und ihn durch Gewichte an das über ihm stehende Wasser befestigen; so würde sich der Druck genau so groß zeigen, als ich ihn euch angegeben habe.

Daß der Druck, den eine Flüssigkeit von oben nach unten ausübt, von der Form des Gefäßes ganz unabhängig ist, läßt sich besonders mit Hülfe desjenigen Apparates, welchen ich an die Tafel gezeichnet habe, schlagend nachweisen. Derselbe besteht aus einer gebogenen Röhre *a b c* (Fig. 48.), ist in einem Kasten befestigt, und so eingerichtet, daß man bei *a* Gefäße von sehr verschiedener Gestalt anschrauben kann. Bei dem Gebrauche gießen wir zuvörderst Quecksilber in die Röhre und bezeichnen auf dem Schenkel bei *c* durch eine verschiebbare Marke die Höhe *n*, bis zu welcher es emporsteigt. Hierauf schrauben wir bei *a* das cylindrische Gefäß *d* an und beschenken es bis zu einer bestimmten Höhe, *h*, mit Wasser. Nun sehen wir zu, wie es mit dem Quecksilber in dem andern Schenkel steht, und bemerken uns den Punkt *p*, bis zu dem es durch den Druck

des Wassers gelangt ist. An die Stelle des Gefäßes *d*, das wir vermittels des Hahns *r* entleeren können, bringen wir weiter nach einander die Gefäße *e* (Fig. 49.), *f* (Fig. 50.) und *g* (Fig. 51.), gießen jedes derselben eben so hoch

Fig. 48.

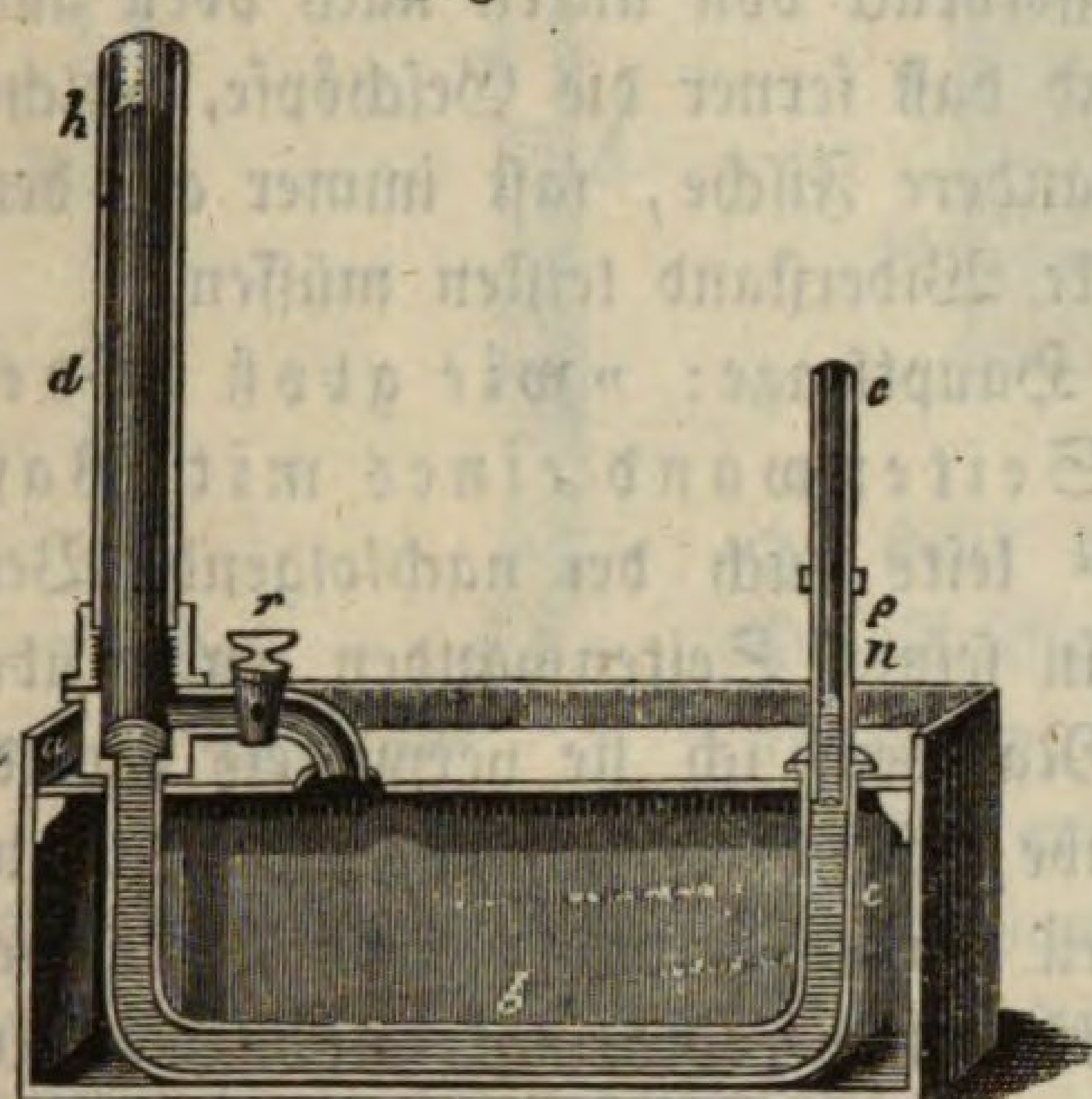


Fig. 49.

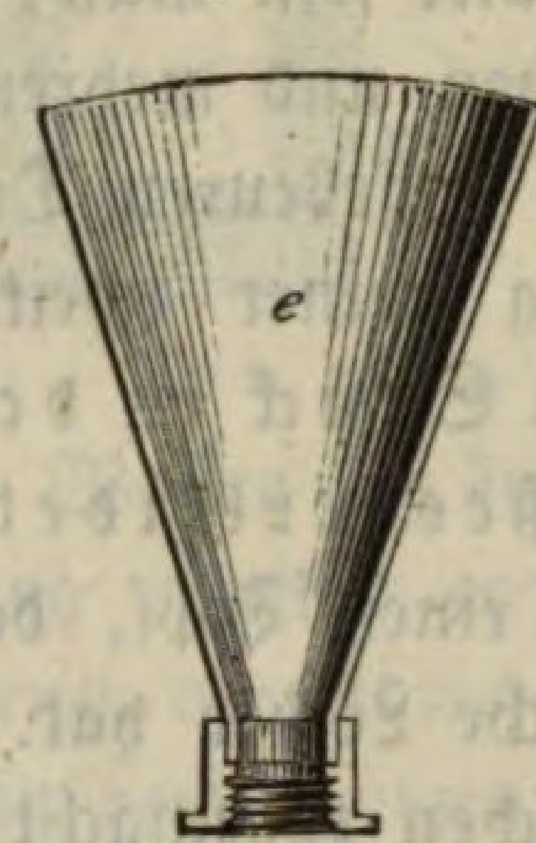


Fig. 50.



Fig. 51.



voll Wasser, wie vorher das Gefäß *d*, und untersuchen dabei immer aufs neue, wie hoch das Quecksilber in der Röhre *c* steigt. Wenn wir es nun bei allen Gefäßen, gleich viel, ob sie *gerade* oder *schief*, *cylindrisch* oder *trichterförmig* u. s. w. sind, genau bis zu *p* hin gelangen sehen; so erklären wir sofort den Satz für richtig: »*der Druck hängt keineswegs von der Form des Gefäßes, sondern allein von der Größe der Bodenfläche, wie auch von der Höhe und der Natur der Flüssigkeit ab.*« »Wieviel Kraft gehört nun wol dazu, den Kolben einer Pumpe, die nach Fig. 52 gebaut ist, und deren Wasser in der engen Röhre bis *c* steht, entweder bei *ab* zu erhalten, oder in die Höhe zu ziehen?« gewiß so viel, als wenn das Wasser den ganzen Raum *abde* ausfüllte und auf den Kolben drückte.

Fig. 52.

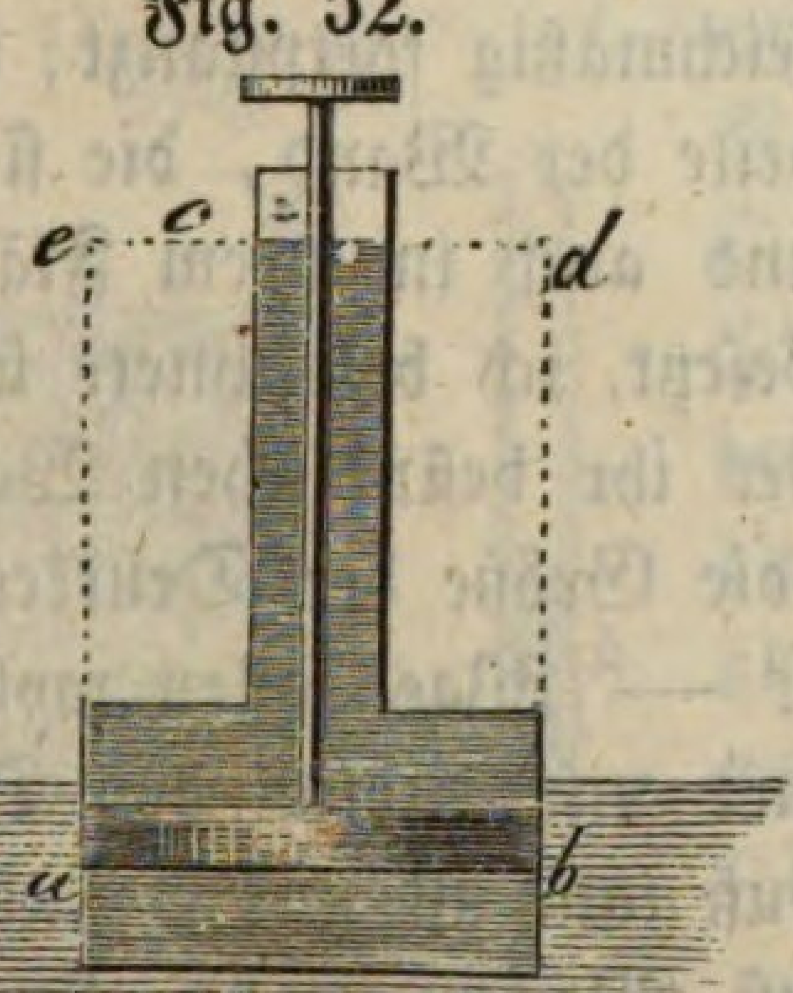
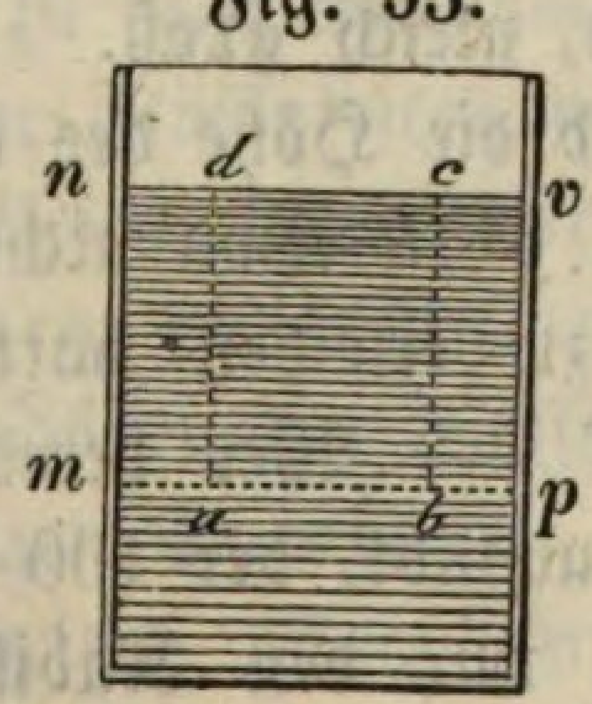


Fig. 53.

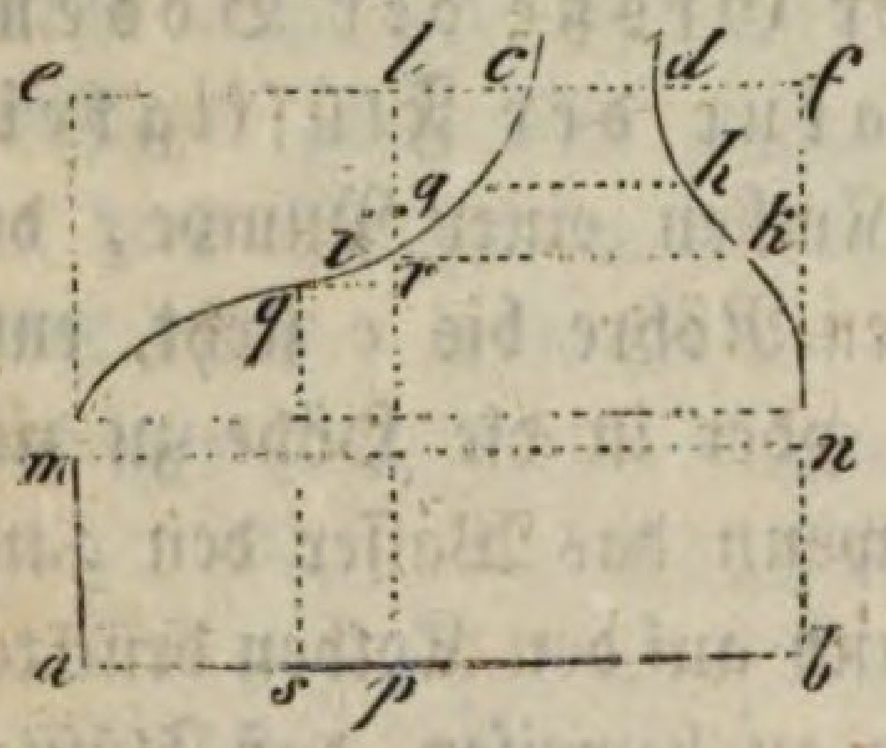


Um zu beweisen, daß Flüssigkeiten nicht blos auf den Boden, sondern auch auf jeden Punkt im Innern der Gefäße wirken, dürfen wir nur eine solche Schicht, *mp* (Fig. 53.), annehmen, welche mit dem Spiegel *ndcv* eine parallele Richtung hat. Offenbar trägt diese Schicht das Gewicht des flüssigen Cylinders *nmpv*. Da sie nun aber ganz in Ruhe verharrt; so ist es klar, daß sie einen völlig gleichen Druck in entgegengesetzter Richtung, nämlich von unten nach oben hin, aushalten muß. Fasset nun weiter blos *einen* Theil dieser Schicht, beispielsweise *ab*, ins *Auge*! Wie die Behauptung, daß auf *ab* eine dem Gewichte der Flüssigkeitssäule *dabc* gleiche Kraft von unten nach oben wirkt, keinen Beweis nöthig macht, so auch nicht die andere, daß die Basis eines festen Cylinders, den wir in die Flüssigkeit tauchen, einen ähnlichen Druck von unten nach oben auszuhalten hat. — Angenommen, es entstände in dem Boden eines Schiffes ein Loch; »welchen Gegen-

druck müßte man dann wol ausüben, damit das Wasser nicht in den innern Raum stiege?« doch wol einen solchen, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich kommt, die zu ihrer Basis das Loch und zu ihrer Höhe die Entfernung desselben vom Wasserspiegel hat. Ihr seht nun wol ein, daß der Boden größerer Schiffe, wenn er den bedeutenden Wasserdruck von unten nach oben aushalten soll, sehr stark construirt sein muß, und daß ferner die Geschöpfe, welche, wie die Schollen, die Rochen und mehrere andere Fische, fast immer auf dem Meeresgrunde leben, einem ungeheuren Drukke Widerstand leisten müssen.

Zu der Beantwortung meiner zweiten Hauptfrage: »wie groß ist der Druck, den irgend ein Stück in der Seitenwand eines mit Wasser angefüllten Gefäßes erleidet?« leite euch der nachfolgende Versuch hin. — Ihr seht hier einen Topf, der in seinen Seitenwänden einige über und unter einander befindliche Löcher hat. Nachdem ich sie vermittels eigends für sie eingerichteter Pfröpfchen zugemacht habe, gieße ich ihn voll Wasser, und ziehe dann alle jene Stöpsel möglichst schnell wieder heraus. Und so nehmen wir denn wahr, daß das Wasser aus allen Löchern hervordringt, und zwar um so stärker, je näher dieselben dem Boden sind, oder je höher die auf ihnen lastende Wassersäule ist. Diese Erscheinung liefert offenbar den schlagendsten Beweis, daß 1. an dem Drukke des Wassers auch die Seitenwände Theil nehmen, und daß 2. derselbe mit der Tiefe unter dem Wasserspiegel wächst. Schauet nun weiter die Figur 54, und in derselben vorzugsweise *mn*, das eine horizontale Wasserschicht darstellen soll, genau an! Die Schicht *mn* wird so gedrückt, als wenn das ganze Prisma, dem sie zur Basis dient, und welches sich bis zu des Wassers Oberfläche erstreckt, also *em* zu seiner Höhe hat, auf ihr ruhete. Da sich nun aber der Druck nach allen Richtungen gleichmäßig fortpflanzt; so ist er offenbar für solche Theile der Wand, die sich in gleicher Höhe befinden und auch in ihrem Flächeninhalt mit einander übereinstimmen, gleich groß. Gesetzt, ich bezeichnete irgend eine kleine Wandfläche mit g^2, und die Höhe des über ihr befindlichen Wasser-Prisma's mit h; »gäbe uns dann $g^2.h$ etwa nicht die Größe des Drukkes an, den jener Theil der Seitenwand zu erleiden hätte? — Was sollen wol hier ferner die Linien *cd*, *gh* und *ik*? — Wer berechnet mir endlich den Druck, den das Wasser auf einen Damm ausübt, der 100 Fuß lang ist und 5 Fuß tief unter Wasser steht (nehmet dabei nur den Kubikfuß Wasser zu 66 Pfunden an!)?« —

Fig. 54.



Ob die Bedingungen, die wir oben für das Gleichgewicht tropfbarer Flüssigkeiten entwikkelt haben, auch noch dann gelten, wenn sich dieselben in communicirenden, d. h. mit einander verbundenen Gefäßen befinden, mögen euch die nachfolgenden Versuche lehren.

Ich gieße zuvörderst in die Röhre mit gleich weiten Schenkeln, *a* und *b* (Fig. 55.), eine beliebig große Menge Wasser. Und das Ergebniß ist genau so, wie vorhin; es kommt nämlich die Flüssigkeit nicht eher zur Ruhe, als bis die Oberfläche derselben in beiden Schenkeln in einer Horizontal-Ebene liegt. Ich widerhole meinen Versuch, gebrauche nun aber diese aus zwei ungleich weiten

Schenkeln, *r* und *s* (Fig. 56.), zusammengesetzte Röhre. Und sehet! auch bei

Fig. 55.



Fig. 56.

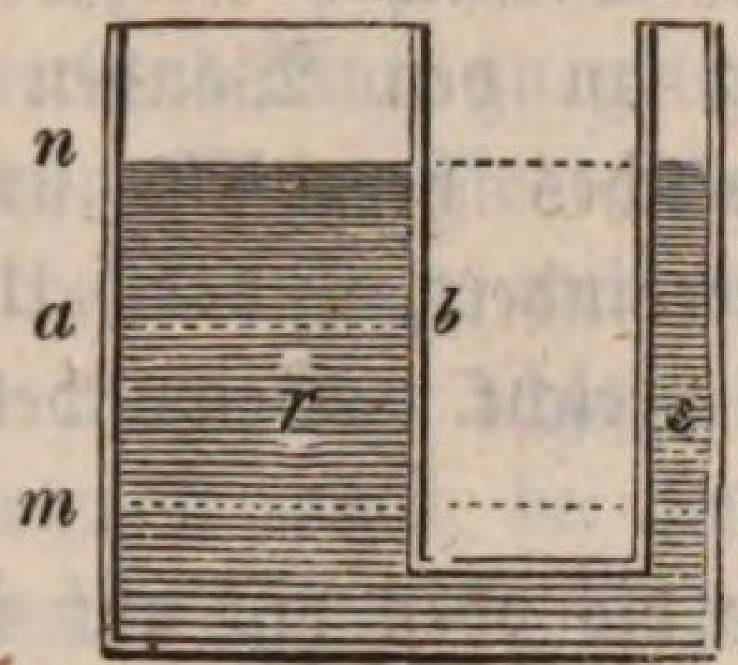
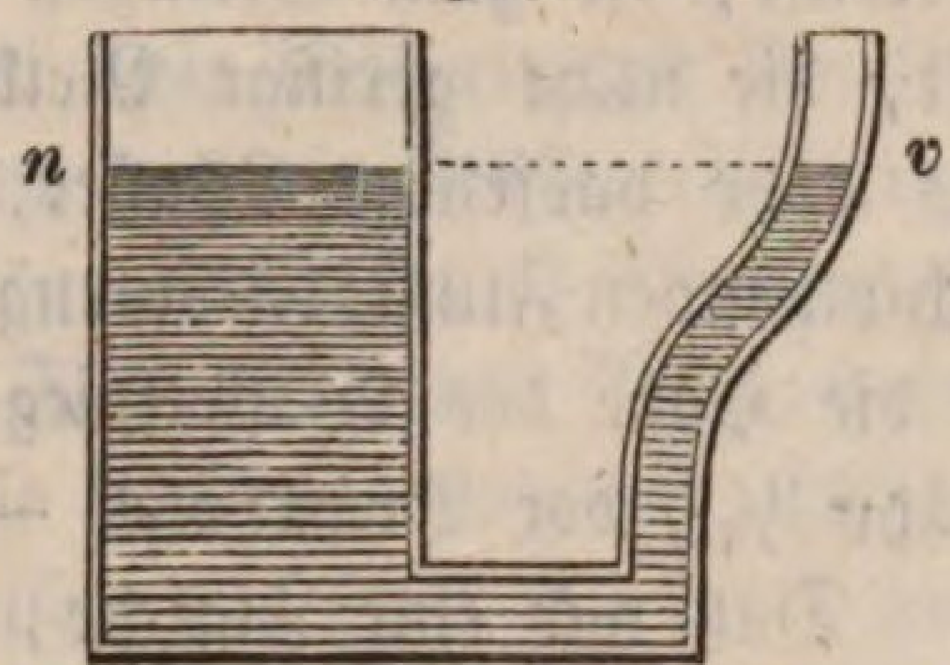


Fig. 57.



ihr steht das Wasser in beiden Schenkeln gleich hoch. Die Erscheinung erleidet endlich selbst dann keine Veränderung, wenn der eine Schenkel gekrümmt ist. — Denket euch in dem weitern Gefäße, etwa bei *m* (Fig. 57.), eine horizontale Scheidewand angebracht! Auf diese Weise erhaltet ihr der Gefäße zwei. Der Druck, den jene Wand von unten nach oben erleidet, ist, wenn ihr mit *B* den Flächeninhalt und mit *h* die Höhe derselben, *pv*, bezeichnet, $B.h$; in dem Falle aber, daß ihr *ab* für den Spiegel der Flüssigkeit in dem weitern Gefäße und h' für die Höhe *am* annehmt, $B.h'$. Denket ihr euch die Scheidewand wieder weg, so wird eben so diejenige Wasserschicht, welche an ihre Stelle tritt, von der einen Seite mit der Kraft $B.h$ und von der andern mit der Kraft $B.h'$ gedrückt. Hieraus aber folgt: »das Gleichgewicht findet nur dann Statt, wenn $h = h'$, oder, in Worten angegeben, der Spiegel der Flüssigkeiten in beiden Gefäßen gleich hoch ist.

Obigen 3 Experimenten lasse ich noch 2 andere folgen. — Nachdem ich die communicirenden Röhren *g* und *h* (Fig. 58.) bis zur Horizontal-Ebene *gh* mit Quecksilber beschenkt habe, gieße ich in die weitere Röhre *g* noch eine Menge Wasser. Sogleich steigt das Quecksilber in der Röhre *h*. Was ihr hier hauptsächlich zu beachten habt, ist der Umstand, daß der Spiegel beider Flüssigkeiten nicht gleich hoch steht, daß vielmehr die kleine Quecksilbersäule über *h* der großen Wassersäule über *g* das Gleichgewicht hält. Offenbar bestimmen die Höhen der Flüssigkeiten das Verhältniß ihrer gegenseitigen Dichtigkeit, und leiten uns schon jetzt auf den wichtigen Satz hin: »die Höhen der Säulen verhalten sich umgekehrt, wie die spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten.« — Bei meiner zweiten Röhre fehlt (blikket Fig. 59 an!) der eine Schenkel gänzlich. Um zuvörderst zu verhüten, daß das Wasser bei *o* früher entweiche, als ich es wünsche, verschließe ich die dort befindliche Oeffnung durch eine ziemlich schwere Platte von Metall. Erst dann fülle ich das zweite Gefäß bis oben hin mit Wasser an. Zuletzt entferne ich die Metallplatte wieder. Und sehet! es erfreut uns ein schöner, bei *o* hervordrin=

Fig. 58.

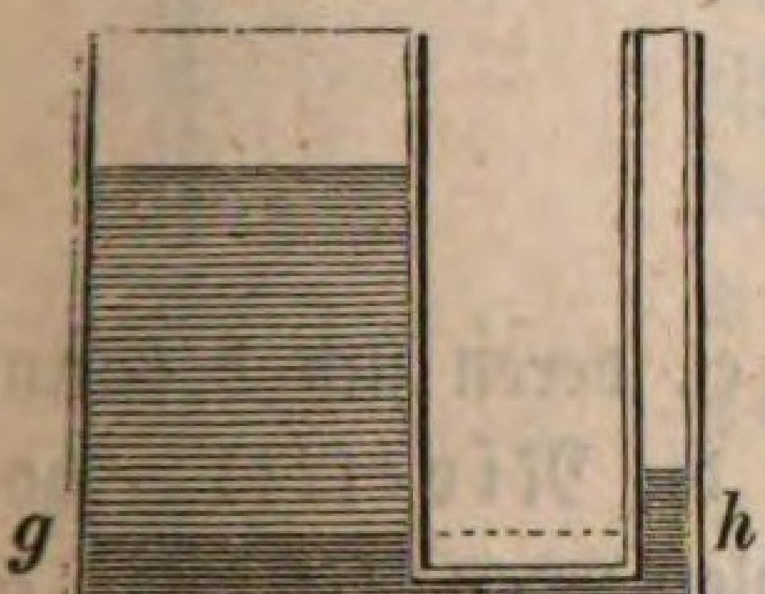
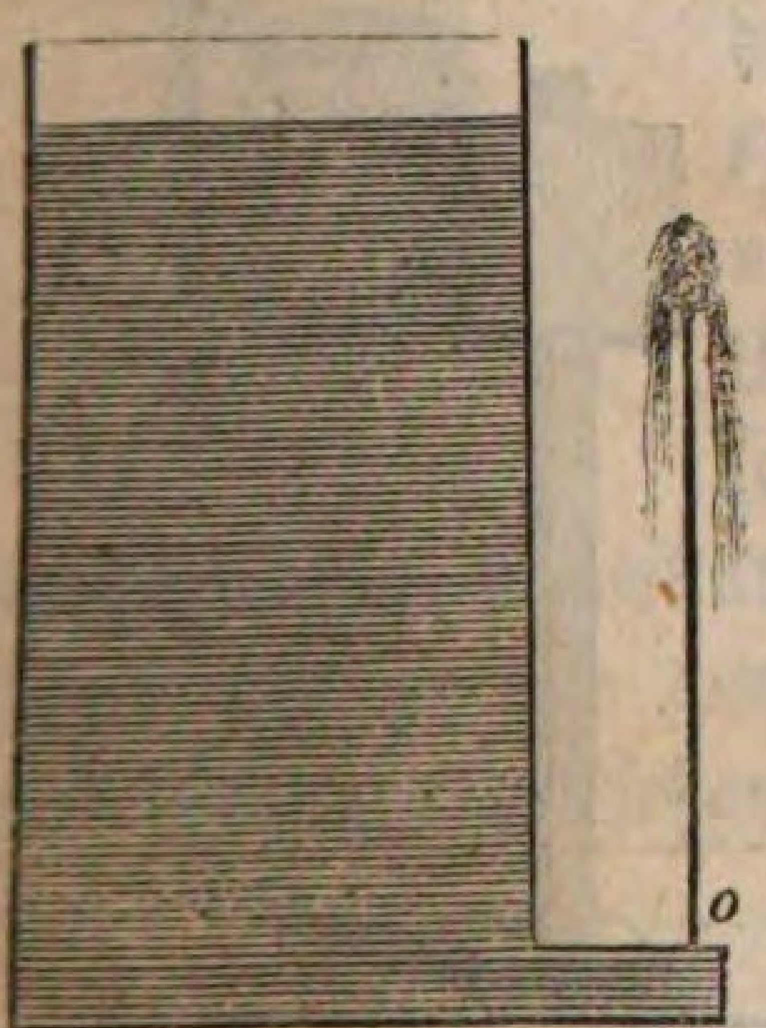


Fig. 59.



gender, fast die Höhe des Gefäßes erreichender Wasserstrahl. Was ihr noch bemerkt, daß nämlich das Gefäß die Oeffnung wol 8 bis 12 Mal an Weite übertrifft, ist zum Gelingen des Versuches nothwendig. Der Widerstand der Luft, die nicht geringe Reibung an den Wänden des Gefäßes, ganz besonders aber dasjenige Wasser, welches herabfällt und das freie Aufsteigen der nachfolgenden Flüssigkeitsmenge verhindert, sind die Ursachen, weshalb der Strahl nie die Höhe des Wasserspiegels erreicht. Seine bedeutendste Höhe beträgt ungefähr $^9/_{10}$ der Druckhöhe. —

Daß wir eine Flasche, die bis oben hin mit Wein, Wasser, überhaupt irgend einer tropfbaren Flüssigkeit, angefüllt ist, selbst vermittels eines unbedeutenden Schlages auf den Stöpsel leicht zertrümmern; daß in der Nähe der Flüsse und Ströme, wenn anders die Bestandtheile ihrer Ufer den Durchgang gestatten, nothwendig Grundwasser, und zwar mit dem eigentlichen Fluß- oder Stromwasser fast immer in gleicher Höhe, sich befindet; daß ein in eine ansehnliche Tiefe hinabgelassenes Boot zuletzt, wann es nämlich alle Poren mit Wasser ausgefüllt erhalten und dadurch seine frühere Leichtigkeit verloren hat, nie wieder recht tauglich wird; daß Jeder, der ein hohes Gefäß mit einer bedeutend schweren Flüssigkeit, beispielsweise mit Quecksilber, anfüllen will, wohl überlegen muß, ob auch die untern Theile der Seitenwände die nöthige Kraft besitzen werden, dem starken Drukke Widerstand zu leisten; daß die Wirkung des Wassers auf Schleusen, falls dasselbe unter ihnen vordringen kann, eine sehr schädliche ist u. s. w.: dies Alles kann Keinen befremden, der sich mit dem Drukke des Wassers auf den Boden und die Seitenwände der Gefäße genau bekannt gemacht hat.

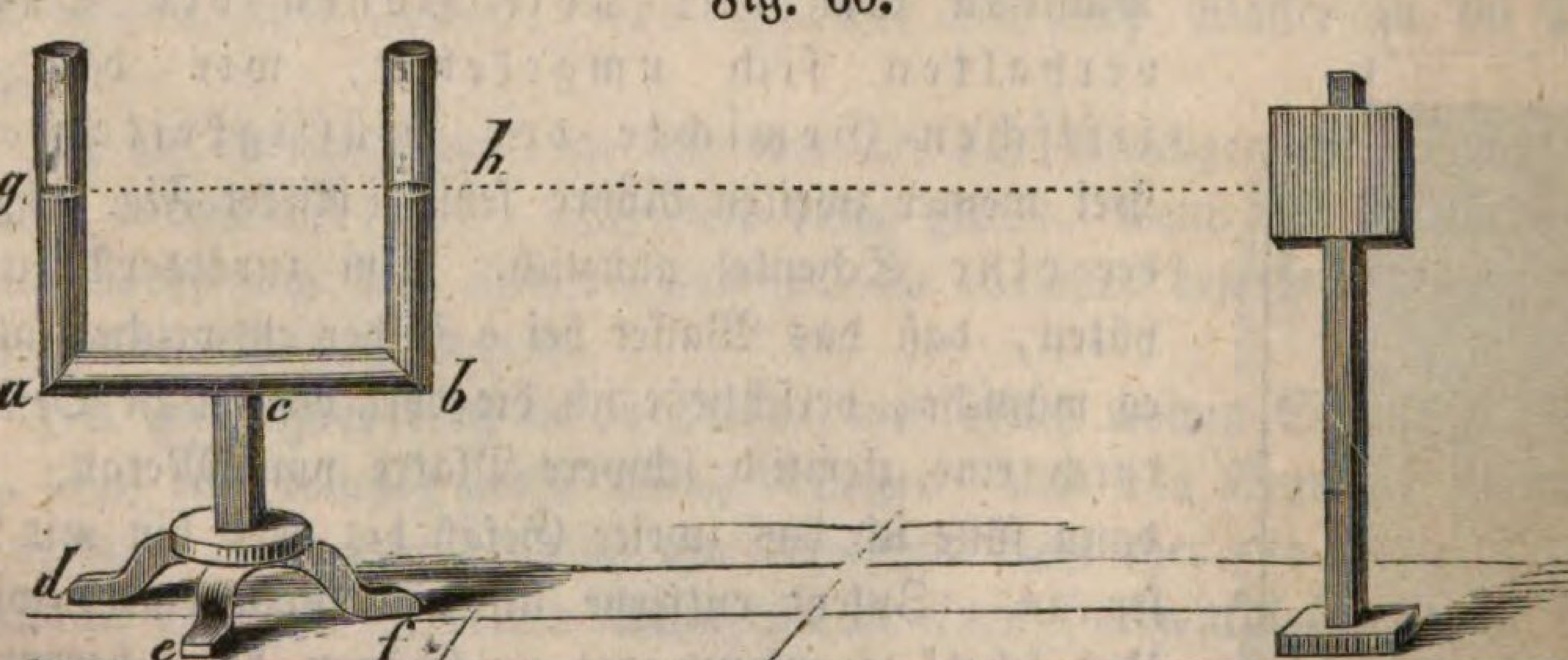
§. 5.

Besonders wichtige, auf dem Drukke des Wassers beruhende Werkzeuge.

a. Die Nivellir- oder Wasserwage.

Eben so einfach, wie die Setz- oder Grundwage, deren sich bekanntlich die Maurer, Töpfer, Bauleute u. dgl. bedienen, ist die Nivellir- oder Wasserwage. Letztere besteht aus einer geraden, blechernen Röhre, *ab* (Fig. 60), die gewöhnlich auf einem Gestelle, *cdef*, horizontal ruht und an

Fig. 60.

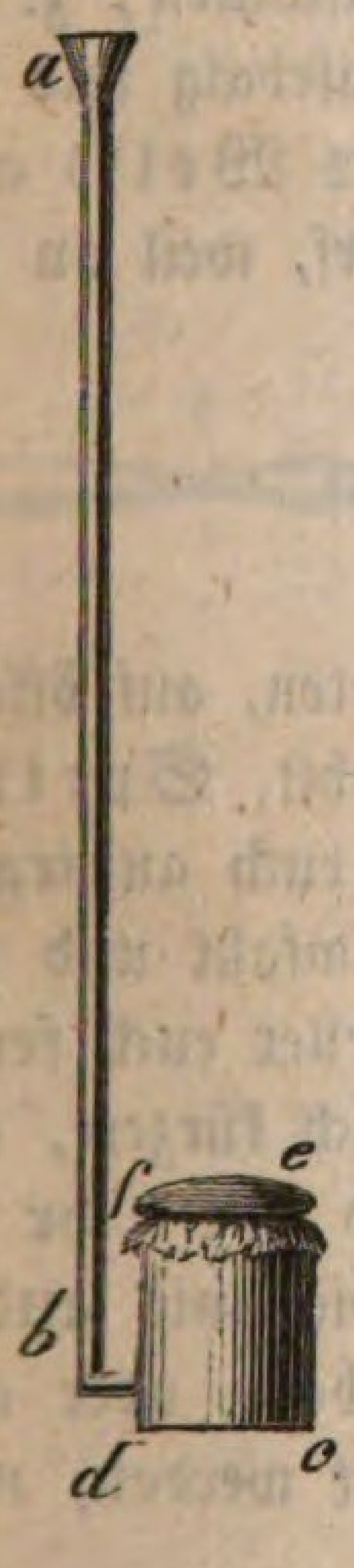


ihren beiden Enden, *a* und *b*, zwei andere, gläserne, vertikal befestigte Röhren trägt. Mit Rücksicht darauf, daß in allen communicirenden Gefäßen die tropfbaren Flüssigkeiten stets eine gleich-hohe Oberfläche zu erhalten streben, dürfen wir nur, um zu einer wagerechten Linie zu gelangen, die Röhren mit Wasser, oder, noch besser, mit gefärbtem Weingeiste beschenken und die Flüssigkeitsspiegel beider Glasröhren durch eine gerade Linie mit einander verbinden. Der Physiker gebraucht die Wasserwage meist nur dazu, die Flächen seiner Instrumente horizontal zu stellen; der Geometer indeß, bei dem sie in einem ungleich größern Ansehen steht, erforscht vermittels ihrer vorzugsweise, wie hoch der eine von zwei entlegenen Punkten über oder unter der verlängerten Horizontal-Ebene des andern liegt. Den lothrechten Abstand beider Punkte nennen wir das Gefälle. Wir haben übrigens die Nivellir-Wage, welche, beiläufig bemerkt, hauptsächlich bei Anlegung einer Wassermühle sehr wichtig wird, mit einem guten Fernrohre zu versehen, wenn die zu beobachtenden Punkte allzu weit von einander liegen. Wähnet übrigens nicht, daß das Nivelliren oder Richtwägen stets ein leichtes Geschäft sei! es treten uns vielmehr bei ihm nicht selten kaum zu beseitigende Hindernisse entgegen.

b. Der anatomische Heber.

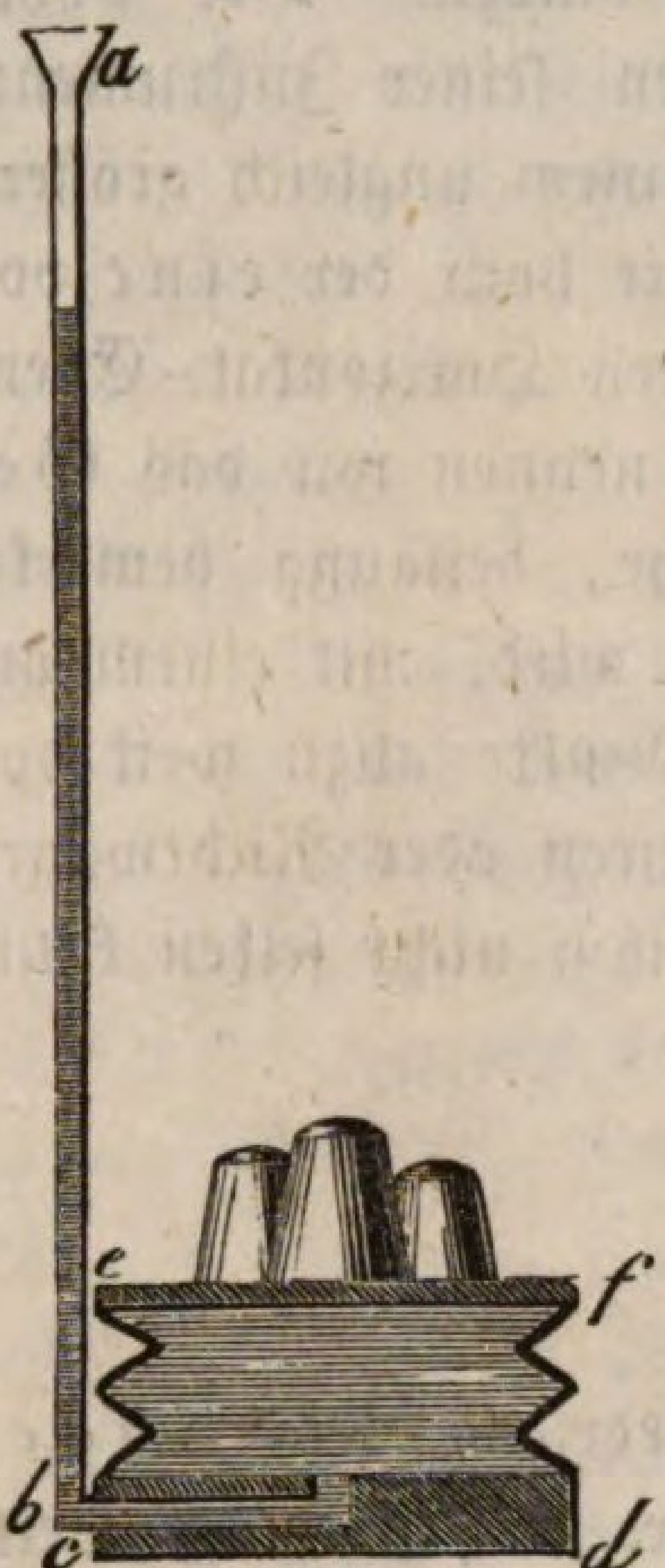
Der anatomische Heber besteht aus einem runden, niedrigen Gefäße, *fdce* (Fig. 61), und einer blechernen, etwa 2 Fuß langen Röhre, *ab*; über die weite Oeffnung jenes Haupttheils ist ferner eine frische Blase ausgespannt; die eingeschlossenen Räume der Röhre und des Gefäßes sind endlich in gegenseitige Verbindung gesetzt. Bei dem Versuche mit dem beschriebenen Instrumente gießt man in die Röhre *ab* so lange Wasser, bis dasselbe bei dem obersten Punkte *a* stehen bleibt. Vorausgesetzt, ich hätte einen solchen Heber auf die angegebene Art mit Wasser beschenkt; »welche Veränderung würdet ihr wol dann an ihm bemerken?« nun hauptsächlich diese, daß die Blase auf dem Gefäße nicht mehr wagerecht liegt, sondern sich zu einer Halbkugel ausgedehnt hat. Gerade in dieser Erweiterung offenbart sich der Nutzen des anatomischen Hebers. Gesonnen, aufs beste zu erfahren, wie die einzelnen Theilchen einer Haut, oder irgend eines andern Körpers beschaffen sind, dürfen wir nur das zu prüfende Stück über das Gefäß *fdce* spannen und hierauf die blecherne Röhre *ab* mit dem nöthigen Wasser versehen. Es läßt sich übrigens der in Rede stehende Druck noch auf eine schönere Weise veranschaulichen. Machet nur, nachdem ihr die Röhre vorschriftsmäßig angefüllt habt, in die Blase eine Menge feiner Löcher! und ihr werdet die Freude genießen, das Wasser beinahe bis zur Höhe des Instrumentes emporspringen zu sehen.

Fig. 61.



c. Der hydrostatische Blasebalg.

Fig. 62.



In der hier beigefügten Zeichnung stellen *cd* und *ef* zwei Platten von Holz oder Blech vor, die 1 bis 2 Quadratfuß Oberfläche besitzen und vermittels eines breiten, wasserdichten Lederstreifens mit einander verbunden sind. Letzterer ist hier vorzugsweise wichtig; denn nur er macht es möglich, daß die obere Platte ganz so, wie bei einem gewöhnlichen Blasebalge, bald emporgehoben, bald wieder auf die andere Platte gelegt werden kann. Unter *ab* denket euch ferner eine enge, 5 bis 6 Fuß lange, auf die e i n e Platte befestigte und mit dem innern Raume des eigenthümlichen Apparates zusammenhängende Röhre! Gießet ihr nun, wie bei dem anatomischen Heber, die Röhre *ab* voll Wasser; so werdet ihr mit Erstaunen wahrnehmen, daß die obere Platte selbst noch dann, wenn ihr sie mit drei Zentnergewichten (die Figur zeigt euch auch diese) beschwert, oder vielleicht zwei Menschen auf sie gestellt habt, in die Höhe gehoben wird. Die von dem Ober-Kunstmeister H ö l l zu Chemnitz in Ungarn erfundene W a s s e r s ä u l e n - M a s c h i n e ist ein Werkzeug, das durch jenen Wasserdruck in Bewegung kommt, und diese Bewegung wieder andern Maschinen, z. B. den Saugpumpen, mittheilt. In wiefern der hydrostatische Blasebalg und der anatomische Heber (letzterer ist eine Erfindung des Mathematikers W o l f) auch noch dazu dienen, die Größe des Wasserdrucks zu berechnen, bedarf, weil an sich klar, keiner Erörterung.

d. Der hydrostatische Springbrunnen.

Es ist nichts weniger, als ein schwieriges Geschäft, in Gärten, auf öffentlichen Plätzen u. dgl., wofern es dazu nur nicht an Gelegenheit fehlt, S p r i n g b r u n n e n oder sogenannte F o n t a i n e n anzulegen. — Denket euch auf irgend einer Anhöhe eine Quelle, deren Wasser von einem Behälter umfaßt und vermittels einer Röhre nach einem niedrigern Orte geleitet wird! stellet euch ferner vor, daß es, an dem Ende jener Röhre angelangt, in eine ungleich kürzere, aufrecht stehende, in ein kleines Loch sich öffnende steigen muß! und sehet! ihr seid mit der Anlegung h y d r o s t a t i s c h e r S p r i n g b r u n n e n, die mit andern Fontainen, welche durch den gewaltigen Druck eines Pumpenkolbens, oder auch durch die Elasticität stark verdichteter Luft zum Springen gebracht werden, nicht verwechselt werden dürfen, genügend bekannt.

e. Die hydraulische Presse.

Die hydraulische Presse ist eine Maschine, welche in neuerer Zeit bei sehr vielen Arbeiten in Anwendung kommt, und deren vornehmste Eigenschaft darin

besteht, bei einer geringen Entfernung einen großen Druck auszuüben. Ihre beiden Haupttheile sind eine Saugpumpe und ein starker, eiserner Cylinder; erstere bewirkt den erforderlichen Druck; letzterer, der einen metallenen Kolben besitzt, empfängt ihn und theilt ihn dem zu pressenden Gegenstande mit. Fasset nur die Figuren 63 und 64 scharf ins Auge!

Fig. 63.

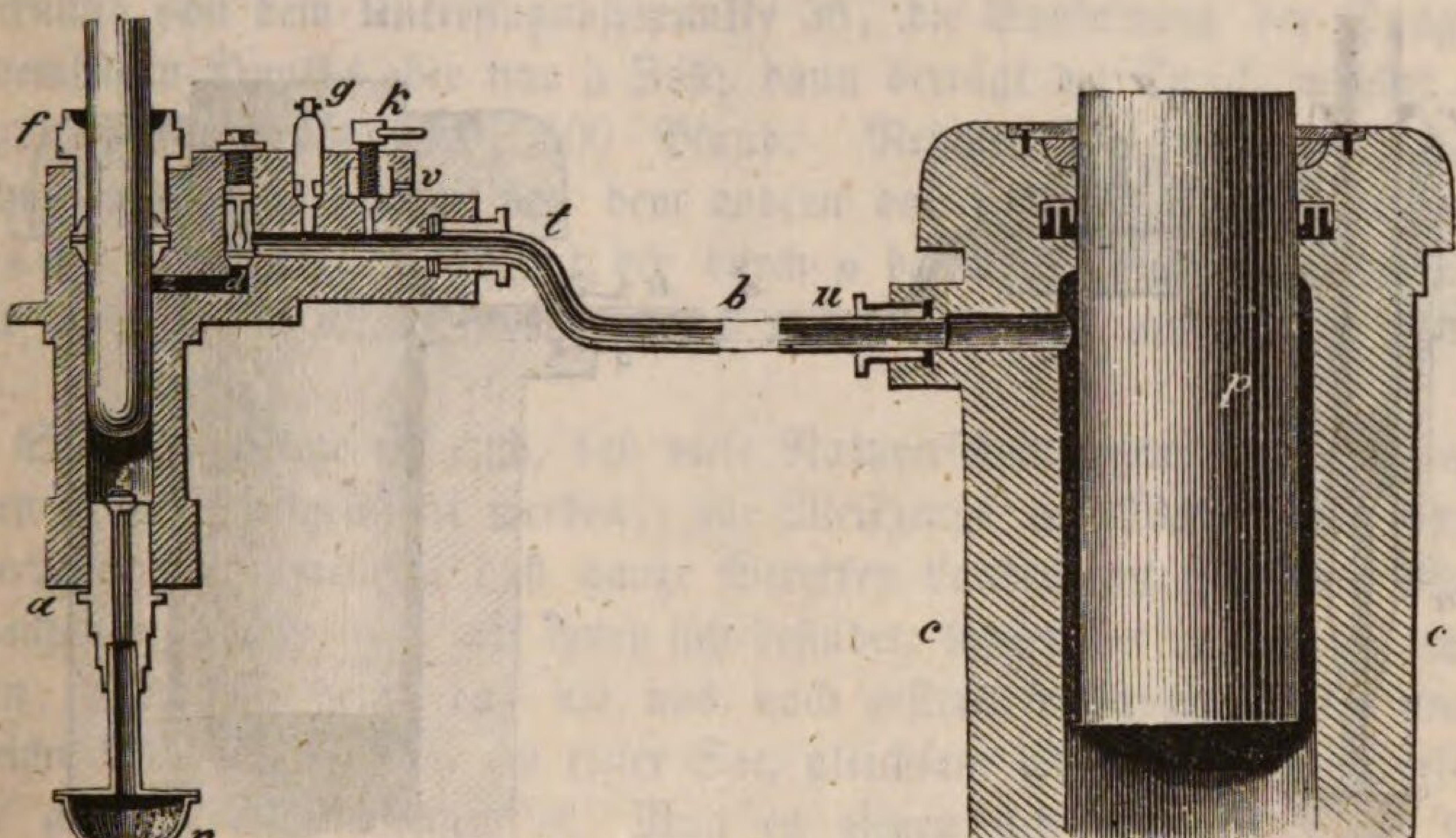


Fig. 64.

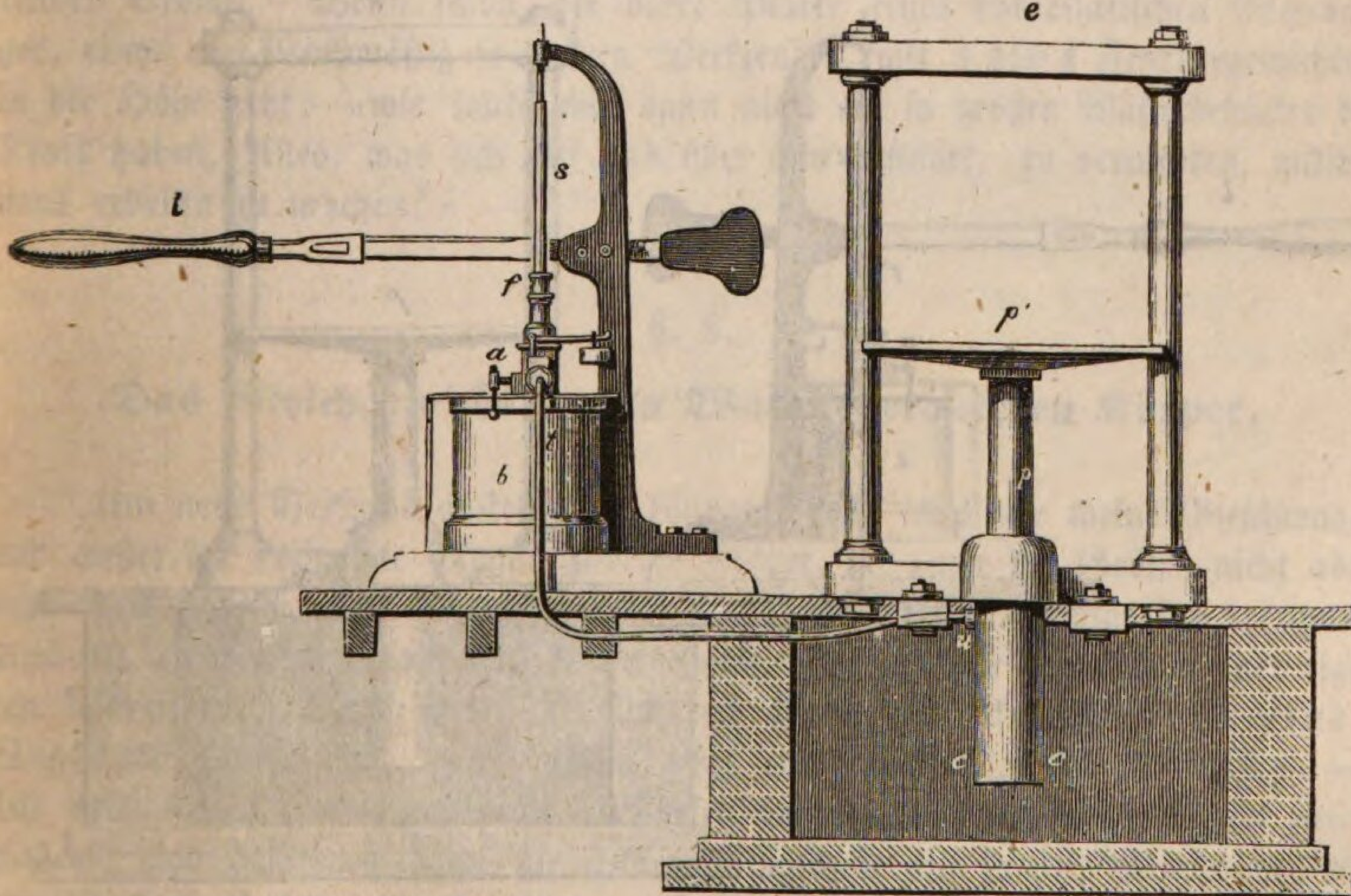


Fig. 63 giebt euch das Bild eines Durchschnittes, Fig. 64 aber die Total-Ansicht der hydraulischen Presse im verkleinerten Maßstabe. — Ich hebe nun in Gedanken vermittels des einarmigen Hebels *l* den Kolben *s* in die Höhe. Sogleich sehe ich eine Menge Wasser unter ihn treten, das aus dem Behälter

b kommt, durch das Sieb *r* geht und das Ventil *i* öffnet. Ich lasse ferner den Kolben *s* wieder hinabsteigen. Verhindert, in den Behälter *b*, weil das Ventil *i* wol nach oben, nicht aber nach unten ausweicht, zurückzukehren, muß sich das Wasser, welches allmälig immer stärker gepreßt wird, einen andern Ausweg suchen. Es findet ihn bei der Klappe *d*. Meine Figuren zeigen euch weiter,

Fig. 65.

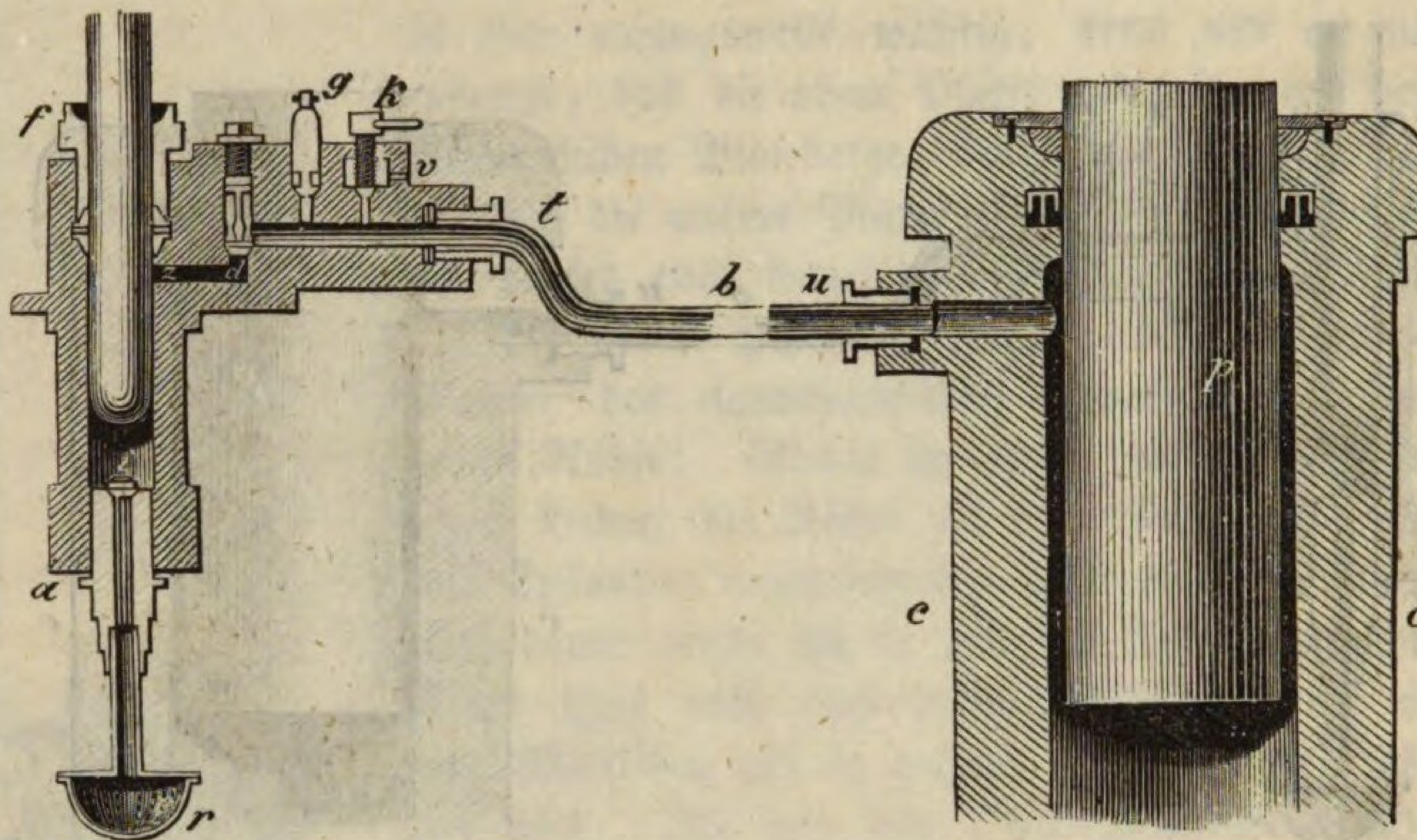
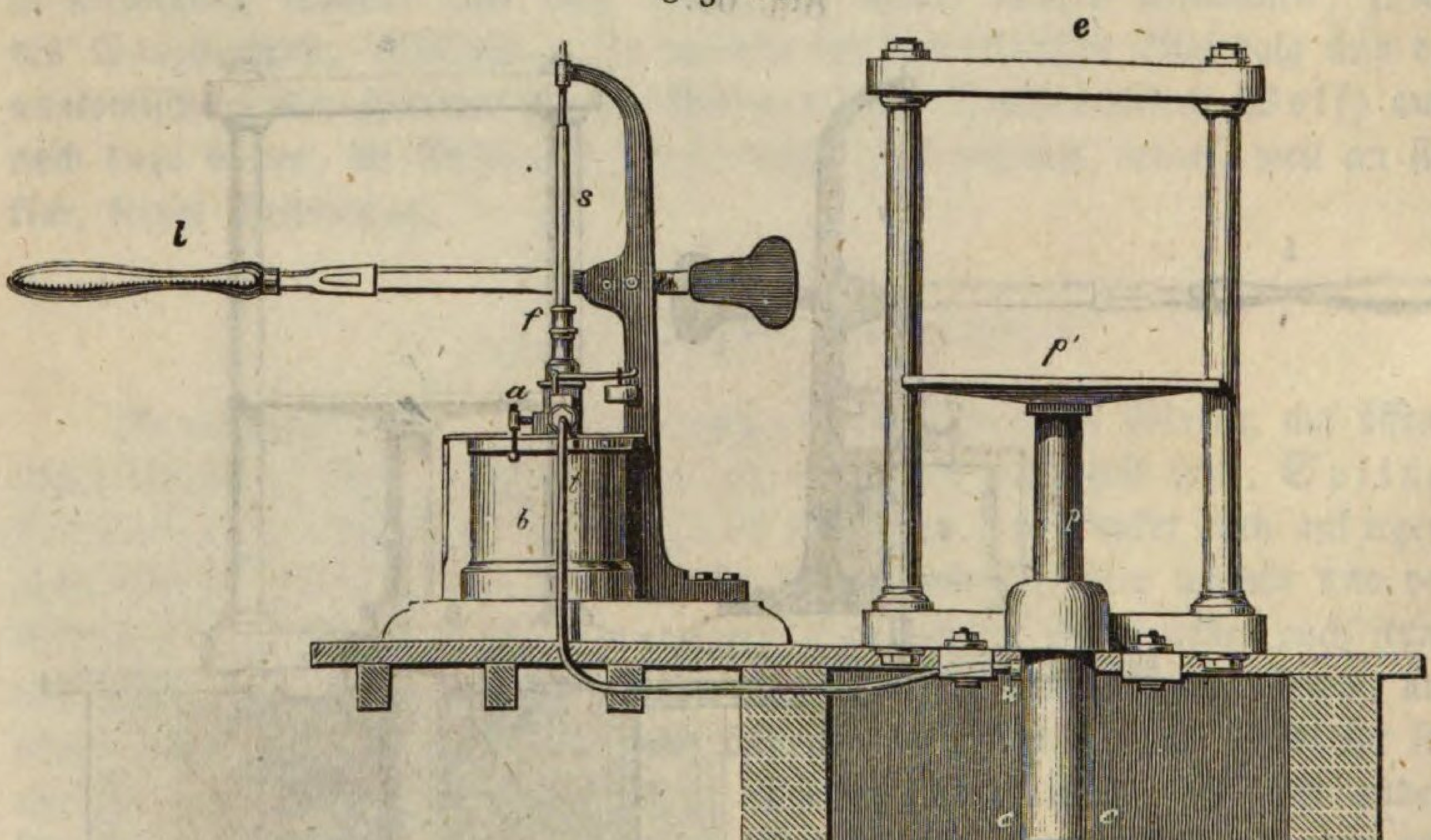


Fig. 66.



wie es, nachdem es *d* gehoben hat, in die Röhre *t b u* und durch diese endlich in den Cylinder der Presse *c c* gelangt. Ehe ich von Neuem pumpe, ist die Luft in *c c* so gut, wie möglich, fortzuschaffen. Dies bewirke ich vermittels eines zweckmäßig angebrachten Hahnes. Da mit jedem Zuge das Wasser stär-

ker zusammengepreßt wird; so übt es zuletzt einen solchen Druck aus, daß der Kolben p nach oben geht und die Platte p' hebt. Mehr bedarf es nicht, euch zu überzeugen, wie sämmtliche Gegenstände zwischen den Platten p' und e eine um so bedeutendere Pressung erleiden, je näher p' an e rückt. Das Ventil g führt den Namen Sicherheits-Ventil; es öffnet sich nämlich, wenn der Druck die Größe erreicht hat, welche nicht überschritten werden darf.

Gesetzt, die Kraft, welche auf den Hebel l drückt, sei 50 Pfund, deren Entfernung von dem Unterstützungspunkte 30, die Entfernung der Saugpumpe von demselben Punkte aber nur 3 Zoll; dann beträgt der Druck, welcher in der Saugpumpe ausgeübt wird, 500 Pfund. Nehmen wir weiter an, daß der Durchmesser des Kolbens s von dem andern des Kolbens p blos den zwanzigsten Theil ausmacht; so kommt der durch p bewirkte Druck, weil der Querschnitt von p 400 Mal größer ist, auf 400 . 500 oder auf 200000 Pfund zu stehen.

Schließlich zeige ich euch, daß viele Naturerscheinungen, welche oft als die größten Wunder angestaunt werden, nur Werkzeuge des Wasserdrucks sind. — Es ereignet sich zuweilen, daß ganze Strekken Landes mit Häusern, Bäumen, überhaupt mit Allem, was auf ihnen sich befindet, losgerissen und weggeschwemmt werden; oder daß heute da, wo uns noch gestern fruchtbare Aekker und blumenreiche Wiesen erfreuten, ein tiefer See, gleichsam wie hingezaubert, erscheint. »Wie aber ist Dies möglich?« Nun es ziehen sich nicht selten im Innern der Gebirge Kanäle oder Wassergänge bis auf eine bedeutende Tiefe hinab und vereinigen sich zuletzt in einer Höhle oder Grube. Hier also sammelt sich das Wasser und erzeugt wol später einen furchtbaren, Vieh und Menschen vernichtenden Erdfall. Wenn schon die obere Platte eines hydrostatischen Blasebalges, eines verhältnißmäßig so kleinen Werkzeuges, mit 3 bis 4 Zentnergewichten in die Höhe geht; »wie sollte wol dann nicht ein so großer Wasserbehälter die Kraft haben, Alles, was sich auf und über ihm befindet, zu vernichten, mindestens erbeben zu machen?« —

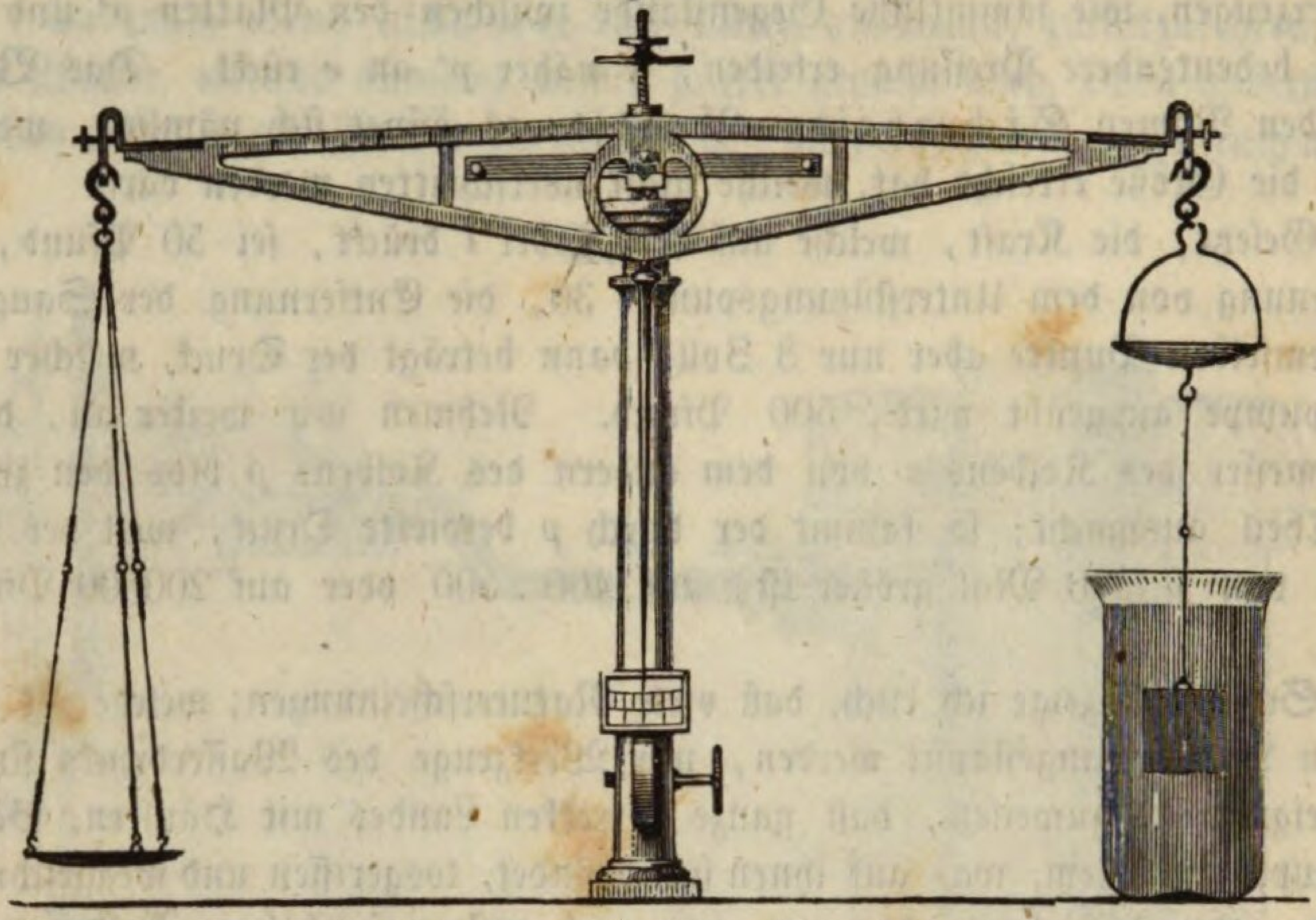
§. 6.

Das Gleichgewicht der in Wasser getauchten Körper.

Um neue Versuche anstellen zu können, habe ich heute meine Gleichwage, und außer ihr noch eine Menge anderer Körper, die zwar der Größe, nicht aber auch dem Stoffe nach einander gleich sind, mitgebracht. Was ihr bei ihnen zunächst zu beachten habt, ist der Umstand, daß es mir vermittels einer eigenen Vorrichtung leicht wird, sie an den Haken der Unterfläche der einen Wagschale zu hängen. Dies Alles zeigt euch auch Fig. 67 (s. f. S.). — Ich bringe nun den einen meiner Würfel, beispielsweise den bleiernen, an jenen Haken, und beschwere dann die andere Wagschale mit so viel Gewichten, als zur Wiederherstellung der horizontalen Lage des Balkens nöthig sind. Zuletzt schaffe ich meine Wage, ohne jedoch von ihr das Geringste zu entfernen, an einen solchen Ort, wo der bleierne Würfel, aber auch nur dieser, ganz unter Wasser zu stehen kommt. Merkwürdiger Weise verliert dadurch Letzterer an Schwere. Dieselbe Erscheinung bietet euch jeder andere, auch unter Wasser

versenkte Körper dar. Wie leicht hebt sich z. B. der Eimer eines Ziehbrun-

Fig. 67.



nens, so lange er noch unter dem Wasserspiegel steht; wie schwer hingegen, wann er über denselben getreten ist! Um endlich zu erfahren, wie hoch sich der Verlust bei meinem bleiernen Würfel beläuft, darf ich von der andern Schale nur so viel Gewichte wegnehmen, als erforderlich sind, das Gleichgewicht aufs neue herzustellen. Der Verlust beträgt $1^2/_9$ Loth, kommt also der Schwere eines Kubikzolles reinen Wassers gleich. Da nun mein bleierner Würfel genau 1 Kubikzoll enthält; so scheint es denn, als ob ein Körper, unter Wasser getaucht, so viel von seinem eigenen Gewichte verliere, als das Wasser wiegt, welches er aus der Stelle verdrängt. So verhält es sich in der That.

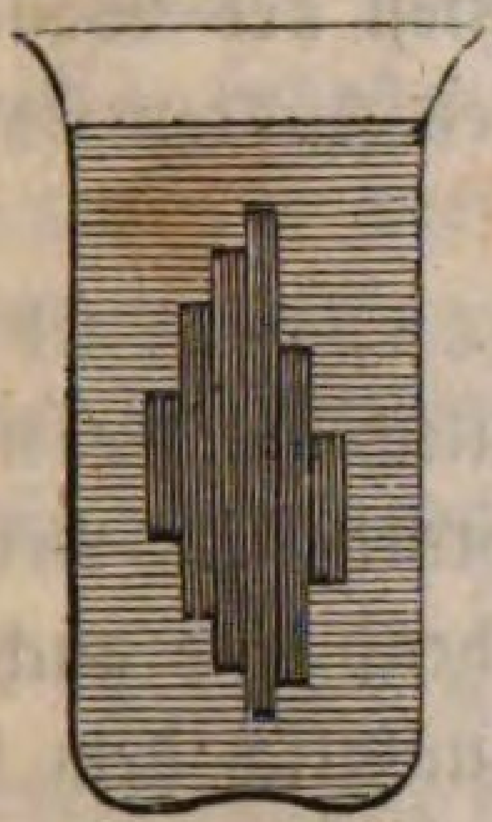
Jeder Druck auf die Seitenwand desjenigen Prisma's, welches ihr hier (Fig. 68.) unter Wasser versenkt seht, wird durch einen andern Druck, der ihm zwar gleich, aber entgegengesetzt ist, aufgehoben. So ziehen wir ihn auch nicht weiter in Betracht. Den Druck ferner, den die Oberfläche des Prisma's erleidet, bedingt diejenige Wassersäule, welche mit demselben gleiche Grundfläche und *h* zur Höhe besitzt. Wie ihr Dies aus meinem frühern Unterrichte wißt; so auch das Andere, daß die Basis des Prisma's mit einer Kraft von unten nach oben getrieben wird (wir nennen diesen Druck gewöhnlich den Auftrieb), die dem Gewicht einer Wassersäule von derselben Grundfläche und der Höhe *h'* gleich kommt. Der Unterschied zwischen *h* und *h'* giebt aber genau die Höhe des Prisma's an. So leuchtet es uns denn ein, daß der Druck auf die obere Fläche von dem Drucke auf die untere um das Gewicht einer Flüssigkeitssäule übertroffen wird, deren Umfang mit dem Volumen des Prisma's völlig übereinstimmt. Nun ist es aber gerade dieser Ueberschuß des Drukkes

Fig. 68.



von unten nach oben, welcher der Schwere des Körpers selbst entgegentritt; folglich muß letzterer, in Wasser, oder irgend eine andere Flüssigkeit getaucht, so viel von seinem Gewichte verlieren, als die aus ihrer Stelle vertriebene Flüssigkeit schwer ist. — Wie es sich mit einem einzelnen Prisma verhält; so auch mit 2, 3 und mehrern dergleichen Körpern, die wir so, wie Fig. 69 zeigt, zu einem Bündel vereinigt haben. Da nämlich jedes Prisma, für sich allein in eine Flüssigkeit versenkt, von seinem Gewicht genau so viel verliert, als ein mit ihm gleich großer Wasserkörper wiegt: so muß sich offenbar die Schwere des ganzen Bündels um das Gewicht einer Wassermenge vermindern, deren Umfang dem Volumen aller Prismen zusammengenommen gleich ist. Erwäget ihr schließlich, daß wir uns jeden Körper in eine Menge solcher vertikal stehender Prismen, die freilich meist sehr klein ausfallen werden, zerlegt denken können; so findet ihr gewiß nichts mehr, was nun noch einer Erklärung bedürfte.

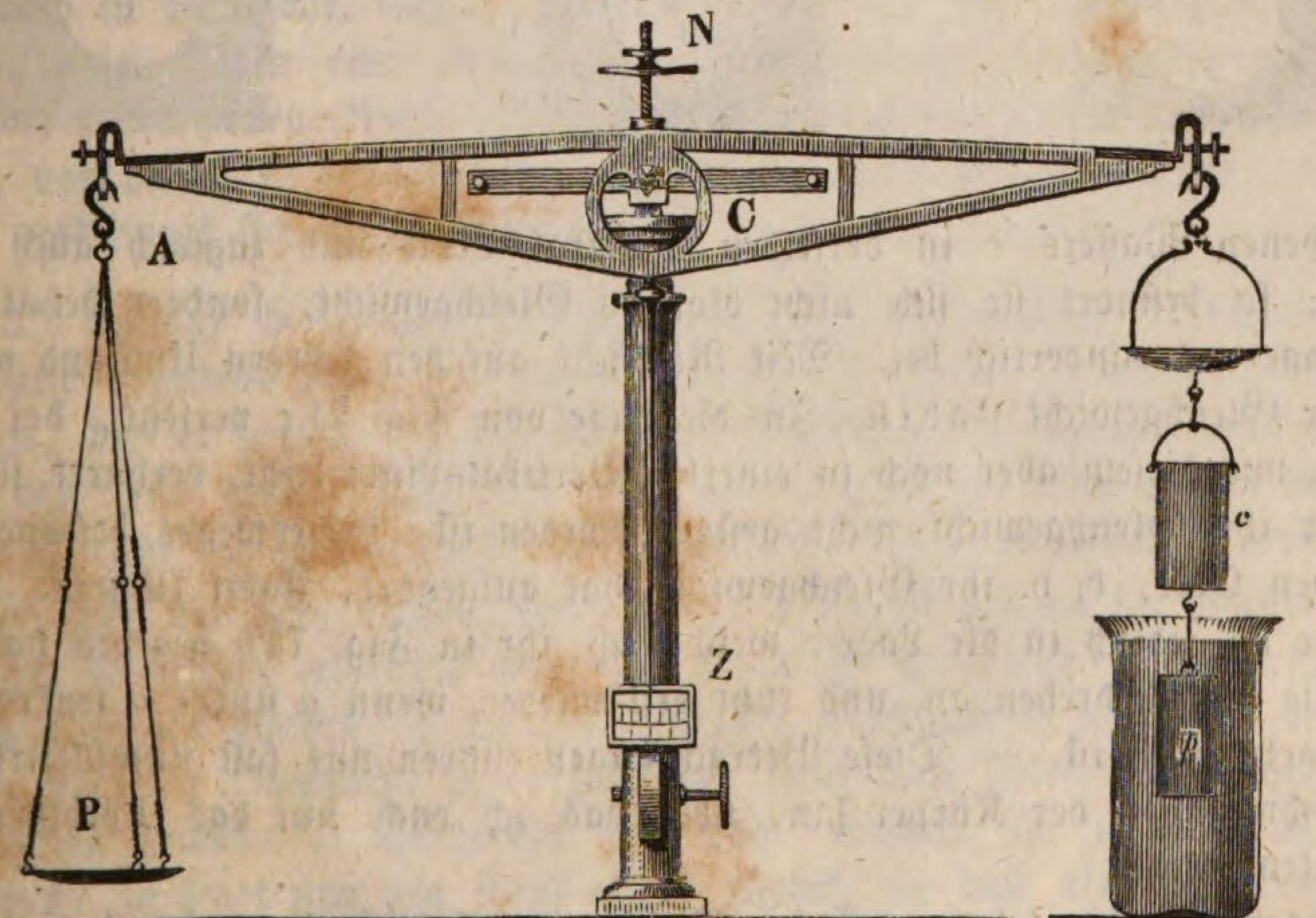
Fig. 69.



Den schlagendsten Beweis für das Archimedische Princip (so heißt nämlich nach Archimedes, seinem berühmten Erfinder von Syrakus, der schon zwei Mal ausgesprochene Satz) liefert folgendes sinnreich ausgedachte Experiment.

Hier sind zwei Cylinder: ein größerer, der hohl ist und aus Messing besteht; ferner ein kleinerer, den man zwar nicht ausgebohrt, aber doch auch aus Metall verfertigt, und noch überdies so vorgerichtet hat, daß er die Höhlung jenes Cylinders genau ausfüllt. Die Figur 70 zeigt sie euch bei den Buchstaben *c* und *p*. Ich befestige nun den hohlen Cylinder *c* an den Haken der einen Schale meiner zweiarmigen Wage, hänge an ihn den dichten Cylinder *p*, lege auf die andere Schale so viel Gewichte, als nöthig sind, den Balken in die horizontale Lage zurückzuführen, und versenke zuletzt nach voriger Weise

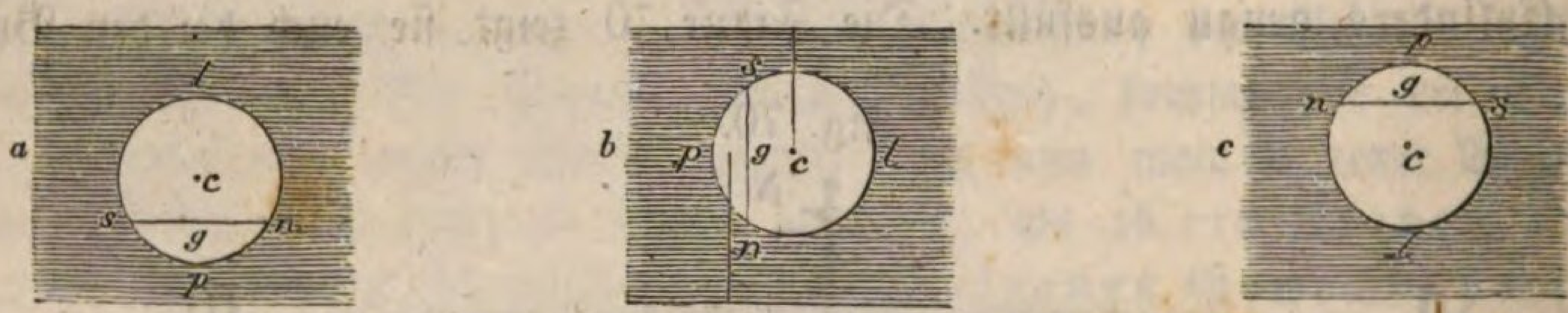
Fig. 70.



den dichten Cylinder unter Wasser. Anstatt aber von der andern Schale, wie bei einem meiner frühern Versuche, einige Gewichte wegzunehmen, fülle ich jetzt, um das verloren gegangene Gleichgewicht herzustellen, den messingenen Cylinder sehr behutsam bis an den Rand mit Wasser an, und genieße so die Freude, den Wagebalken allmälig in seinen ursprünglich horizontalen Zustand zurückkehren zu sehen. »Giebt es wol einen schönern Beweis für den in Rede stehenden Satz?« Vergesset dabei nur nie, daß das Volumen des Wassers, welches der hohle Cylinder empfangen hat, dem Volumen des dichten Cylinders vollkommen gleich ist!

Der Körper, den ich euch hier vorzeige, ist zwar **homogen**, d. h. **überall gleichartig**, aber aus 2 verschiedenen Massen, nämlich aus **einem** Gewichtstheile fein gepulverten Zinnobers und 226 Gewichtstheilen weißen Wachses, verfertigt. In Wasser getaucht, erhält er sich schwebend und auch in jeder beliebigen Stellung im Gleichgewicht (sein Gewicht ist nämlich dem Gewicht eines genau so großen Wasserkörpers gleich); in Weingeist versenkt, begiebt er sich auf den Boden des Gefäßes; in eine Salzauflösung gebracht, steigt er in die Höhe und schwimmt an der Oberfläche. — Hier habe ich ferner eine Kugel, *lspn*, die aus 2 verschiedenen Massen besteht; der **eine** Theil, *lsn*, ist aus Kork, der andere, *spn*, aus Blei gebildet. An Gewicht kommt auch sie demjenigen Wasserkörper gleich, den sie aus seiner Stelle verdrängt. Liegt nun, wie in Fig. 71 *a*, ihr Schwerpunkt *g* mit dem Schwerpunkte des

Fig. 71.



vertriebenen Wassers *c* in derselben Vertikal-Linie und zugleich auch unter diesem; so befindet sie sich nicht blos im Gleichgewicht, sondern behält auch ihre Lage unveränderlich bei. Mit Rücksicht auf den letztern Umstand nennen wir ihr Gleichgewicht **stabil**. In die Lage von Fig. 71 *c* versetzt, bei der *g* über *c*, mit diesem aber noch in einerlei Vertikal-Linie liegt, verharrt sie, ungeachtet ihr Gleichgewicht nicht gestört worden ist, keineswegs beständig an demselben Orte, d. h. ihr Gleichgewicht hat aufgehört, stabil zu sein. Bringen wir sie endlich in die Lage, welche ich ihr in Fig. 71 *b* gegeben habe; so fängt sie sich zu drehen an, und ruht erst wieder, wenn *g* unter *c* senkrecht zu stehen gekommen ist. — Diese Betrachtungen führen uns fast unwillkürlich zu dem Schwimmen der Körper hin, über das ich euch nur das Nothwendigste mittheilen werde.

Die Erfahrung lehrt, daß die Körper, wenngleich sie genügend tief unter Wasser getaucht worden sind, doch nicht in jeder beliebigen Lage schwimmen. Wollt ihr die vornehmste Ursache dieser Erscheinung kennen lernen: so achtet 1) **auf den Punkt, in welchem ihr euch die Gesammtschwere des eingetauchten Körpers vorstellen könnt, also auf dessen Schwerpunkt**; und 2) **auf den gleichnamigen Punkt der Wassermenge**,

die jener Körper, der schwimmen soll, aus ihrer Stelle verdrängt. Der erste Punkt verharrt bekanntlich immer auf einerlei Stelle; der zweite hingegen hängt rücksichtlich seines Standortes von den Veränderungen ab, die mit der Lage und der Gestalt des eingetauchten Theiles vor sich gehen. Ist der Schwerpunkt irgend eines Körpers lothrecht unter dem Schwerpunkte des verdrängten Wassers; so schwimmt derselbe so sicher einher, als es nur immer der Fall sein kann (den besten Beweis hierzu liefert jedes gleichmäßig belastete Schiff): befinden sich hingegen die beiden Punkte nicht in einer und derselben lothrechten Linie; so schwimmt er entweder sehr unsicher, oder gelangt gar nicht erst in diese Thätigkeit. — Was ihr euch sonst noch über das Gleichgewicht der in Flüssigkeiten getauchten Körper zu merken habt, fasse ich in nachfolgende 6 Punkte zusammen:

1. Ein Körper sinkt stets nur so tief ein, bis die Flüssigkeit, welche der untergetauchte Theil verdrängt hat, dem Gewichte des ganzen Körpers gleich ist. Nur dann wird nämlich der Druck von unten nach oben durch den Druck von oben nach unten aufgehoben. Wer daher 1) die Größe des eingetauchten Körpertheiles, und 2) das Gewicht von einem Kubikfuß derjenigen Flüssigkeit, in welcher sich derselbe befindet, kennen gelernt hat, kann bei der Aufgabe: »das Gewicht eines schwimmenden Körpers zu berechnen,« in keine Verlegenheit gerathen.

2. Die Fische und die fischartigen Säugethiere scheinen in ihrem Elemente im Gleichgewichte zu sein; denn sie sinken weder unter, noch werden sie nach oben getrieben. Ihr Gewicht kommt mithin dem Gewichte des aus seiner Stelle vertriebenen Wassers gleich Die Blase, deren sich die Fische bedienen, um bald in die Höhe, bald in die Tiefe zu steigen, liegt, ungeachtet sie bei den verschiedenen Arten eine verschiedene Gestalt angenommen hat, doch stets so, daß die obern Körpertheile leichter sind. Je nachdem ferner auf sie die Muskeln, von denen sie umgeben wird, schwächer oder stärker wirken, vergrößert oder verkleinert sich ihr Volumen.

3. Zufolge derjenigen Experimente, die ein gewisser Robertson in England angestellt hat, war unter den 10 Menschen, welche in eine Wanne stiegen, die er genau bis zur Ausfluß-Oeffnung mit Wasser angefüllt hatte, nur der erste etwas schwerer, jeder andere hingegen leichter, als eine gleich große Menge der ihn umgebenden Flüssigkeit. Diese Resultate lehren uns:

a) daß bei dem Baden und andern Beschäftigungen im Wasser ungleich weniger Menschen ertrinken würden, wenn sie sämmtlich im Augenblikke der Noth besonnen blieben, d. h. weder Wasser einschluckten, noch ihre Arme nach Hülfe über die Oberfläche hervorstreckten. Nur diese üblen Gewohnheiten bringen ihnen gewöhnlich Verderben und Tod. Solltet ihr je in Wassersgefahr kommen: so leget nur den Kopf etwas zurück, so daß die Nase den höchsten Punkt einnimmt, suchet Brust und Bakken möglichst zu erweitern, bringet die Füße ungefähr in dieselbe Lage, welche sie beim Treppensteigen haben, tauchet die Arme unter, strekket sie weit aus und schadet euch durch kein in der Angst angewandtes Rettungsmittel! Jener ins Meer gefallene Matrose, der, wie der Engländer Nicholson erzählt, nicht schwimmen, und dem man auch erst nach

einiger Zeit Hülfe senden konnte, wurde allein dadurch gerettet, daß er dem Befehle, die Hände fleißig unter Wasser zu halten, pünktlich Folge leistete. »Wisset ihr nun auch, warum bei plötzlich eintretenden Ueberschwemmungen nicht selten Kinder lebend ans Land getrieben werden, während doch Erwachsene, die sich möglichst zu retten suchen, fast immer umkommen?«

b) daß nur eine unbedeutende Kraft dazu gehört, einen Menschen an die Oberfläche des Wassers zu bringen; denn aus dem schönen Satze des Archimedes über das Gleichgewicht eingetauchter Körper geht hervor, daß der Retter nur den Unterschied zwischen den Gewichten des Ertrunkenen und einer gleich großen Wassermenge zu heben braucht. Diese Differenz ist aber äußerst gering und beträgt zuweilen kaum 1 Pfund. Lasset es euch daher nicht befremden, wenn selbst ein Pudel einen ins Wasser gefallenen Menschen wieder in die Höhe zieht, und mit ihm, ohne sich besonders anzustrengen, ans Ufer schwimmt!

c) daß ein Ertrunkener, wenn ihn nicht etwa ein Stein, ein Wurzelast, oder irgend ein anderer Körper festhält, nach einigen Tagen von selbst wieder an die Oberfläche kommt. — Der Abergläubische erklärt bekanntlich auch diese Erscheinung für ein Wunder und schreibt zugleich dem Wasser allerlei feindselige oder abstoßende Kräfte zu. Und doch liegt die wahre Ursache so nahe. Der Leib eines Ertrunkenen gewinnt nämlich desto mehr an Umfang, je mehr er durch die bald nach dem Tode eintretende Fäulniß aufgetrieben und zum Theil mit Gasen angefüllt wird.

4. Es giebt Körper, die in jeder Lage beharrlich schwimmen. Zu ihnen gehört hauptsächlich die Kugel. Liegt anders irgend eine der beiden Grund- oder der 4 Seitenflächen horizontal, so können wir hierher auch den Kubus oder Würfel rechnen. Bei beiden geometrischen Körpern befindet sich der Schwerpunkt, falls sie aus einer gleichartigen Masse bestehen, genau in der Mitte.

5. Es ist nicht nöthig, daß die Masse, aus der ein Körper bereitet ist, an sich leichter sei, als diejenige Flüssigkeit, auf welcher er schwimmen soll; denn es kommt stets nur darauf an, daß er eine geringere Schwere besitzt, als das Wasser, Oel, der Weingeist u. s. w., die durch ihn aus ihrer Stelle verdrängt werden. Auf diesen Satz gründet sich beispielsweise der Gebrauch der kupfernen Pontons, welche, nachdem man auf sie Balken und Bretter gelegt hat, Schiffsbrücken bilden, mithin dazu dienen, über Flüsse und Ströme Kanonen, schwere Lastwagen u. dgl. zu befördern. Auch das sogenannte Eichen der Schiffe gehört hierher. Um nämlich das Gewicht zu bestimmen, mit dem ein solches Fahrzeug belastet werden kann, berechnet man den kubischen Inhalt desjenigen Raumes, welcher von dem Queerschnitt, bis zu dem das leere Schiff eintaucht, und dem andern, bis wohin das beladene höchstens sinken darf, begrenzt wird. Beträgt z. B. dieser Raum 5000 Kubikfuß; so ist die gewöhnliche Belastung 5000 . 66 Pfund oder 3000 Centner.

6. Auch durch die Verbindung mit leichtern Körpern können schwerere zum Schwimmen gebracht werden, wenn nämlich das Wasser, welches sie gemeinschaftlich aus seiner Stelle verdrängen, mehr wiegt, als ihr Gesammtgewicht ausmacht (stellet euch nur einen Menschen vor, der ein Korkkleid angelegt hat!).

Daß Schiffe in den Flüssen nicht so hoch über Bord gehen, als im Meere; daß nur wenige Menschen dazu gehören, einen beladenen Kahn stroman zu ziehen; daß selbst ein mäßiger Wind ansehnliche Schiffe vor sich her jagt; daß Fischer, die eine gute Beute gemacht haben, mit dem Netze anfangs sorgenlos, später aber, wann nämlich der Fang zu Tage gefördert worden ist, sehr behutsam umgehen; daß da, wo die Flüsse ins Meer münden, die obern Schichten aus süßem, die untern aus salzigem Wasser bestehen; daß ein im Wasser versunkener Körper leicht wieder in die Höhe kommt, wenn wir unter ihn leere Fässer zu bringen suchen: alle diese und noch viel andere Erscheinungen könnet nun auch ihr euch erklären, da ihr mit dem Verluste, den ein Körper in irgend einer Flüssigkeit an seinem Gewichte erleidet, bekannt gemacht worden seid.

§. 7.

Das spezifische Gewicht der verschiedenen Körper.

Bevor ich heute zu experimentiren anfange, theile ich euch Folgendes mit:

1. Es ist gewöhnlich, die Schwere eines gewissen Körpers als Einheit anzunehmen, und nachher in Zahlen auszudrükken, wie oft Mal so schwer eine andere Materie von gleichem Volumen sei. — Zu jener Einheit haben gelehrte Leute mit allgemeiner Uebereinstimmung die Schwere des reinen Wassers bei 15 Graden Wärme nach der achtzigtheiligen Skala gewählt. Weiß ich nun, daß z. B. 1 Kubikzoll dieser Flüssigkeit $1^2/_9$ Loth, 1 Kubikzoll Blei hingegen fast 14 Loth wiegt; so darf ich offenbar, um jene Zahl für das Blei kennen zu lernen, nur berechnen, wie oft $1^2/_9$ in 14 enthalten ist. Ich finde ungefähr die Zahl 11. Untersuchet nun selbst, welche Zahlen dem Kupfer, Eisen und Buchenholze zukommen, wenn 1 Kubikzoll Kupfer etwa $10^1/_2$ Loth, 1 Kubikzoll Eisen gegen $9^1/_2$ und 1 Kubikzoll Buchenholz etwas mehr als 1 Loth wiegt!« Antwort: ungefähr die Zahlen 8, $8^2/_3$ und $^9/_{11}$.

2. Das Gewicht, welches den Druck bezeichnet, den ein Körper auf seine Unterlage ausübt, der also mit den Quantitäten der Masse ab- und zunimmt, heißt das **absolute**, — das andere hingegen, das uns sagt, in welchem Verhältnisse jenes zur Schwere einer gleich großen Menge Wassers steht, das **spezifische** Gewicht. — Was bedeuten nun wol die Worte: »das spezifische Gewicht des Goldes ist 19, des Silbers $10^1/_2$, des Phosphors $1^4/_5$ u. s. w.?«

Ungeachtet wir auch vermittels einer gewöhnlichen Wage das spezifische Gewicht der Körper finden können; so bleibt es doch immer empfehlenswerth, bei diesem Geschäfte die sogenannte hydrostatische Wage zu gebrauchen. Der Engländer Nicholson erfand sie zu Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts. Bestimmt, meist nur in destillirtes Wasser getaucht zu werden, bereitet man sie fast immer aus lakkirtem Eisenbleche. Ihr oberster Theil c (Fig. 72)

ſtellt ein Schälchen dar und ruht auf einem dünnen, geraden, cylindriſchen Meſſingſtäbchen; an dem letztern Theile iſt ferner ein Punkt, *f*, auf irgend eine Weiſe, gewöhnlich durch einen Feilſtrich, markirt. Der größte Theil des ſehr ſinnreich ausgedachten Inſtrumentes beſteht aus dem hohlen Körper *v*, dem Gewichte *l*, und einem Körbchen, das ſich zwiſchen *v* und *l* befindet: *v* dient dazu, die Wage leichter zu machen, als eine mit ihr gleich große Waſſermenge; ferner *l*, gewöhnlich eine mit Queckſilber gefüllte Glas- oder Metallkugel, ihren Schwerpunkt möglichſt weit nach unten zu bringen, ſo daß ſie, in Waſſer getaucht, aufrecht ſchwimmt; endlich das Körbchen zwiſchen *v* und *l*, denjenigen Körper, deſſen ſpezifiſches Gewicht wir zu erforſchen haben, bei ſeiner Abwägung unter Waſſer aufzunehmen. Das ganze Inſtrument ſinkt, wenn es anders auf dem Schälchen *c* noch mit keinen Gewichten beſchwert iſt, höchſtens bis zur Hälfte des Körpers *v* ein. — Ich habe es zwar oben ein empfehlenswerthes Werkzeug genannt; allein es giebt uns keineswegs ſo genaue Reſultate, als eine gewöhnliche Gleichwage, deren eine Schale an kürzern Schnüren hängt, und unten, um an ſie vermittels eines feinen Drathes allerlei Körper zu befeſtigen, ein Häkchen beſitzt. — Löſet nun folgende Aufgaben!

Fig. 72.



Erſte Aufgabe. Das ſpezifiſche Gewicht eines feſten Körpers zu beſtimmen, der kein Waſſer anſchluckt, ſchwerer iſt, als dieſe Flüſſigkeit, und ſich in derſelben auch nicht auflöſt.

Auflöſung. Hier iſt ein kleiner Kieſelſtein. Um ſein ſpezifiſches Gewicht kennen zu lernen, prüfe ich zuvörderſt, wieviel Gewichte auf das Schälchen *c* gelegt werden müſſen, damit mein Inſtrument in deſtillirtem Waſſer von der Temperatur + 15 Grad nach Réaumur bis an die Marke *f* einſinke. Es ſeien dazu beiſpielsweiſe 5 Loth erforderlich. Hierauf bringe ich an die Stelle jener Gewichte den Kieſelſtein *). Geſetzt nun, ich müßte zu dieſem Körper, um das Inſtrument zum zweiten Male bis an die Marke *f* unter Waſſer zu bringen, noch 2 Loth legen; ſo wöge er in der Luft 5 — 2, = 3 Loth. Dann weiſe ich ihm im Körbchen zwiſchen *v* und *l* ſeinen Standort an. Daß das Inſtrument ſofort, ungeachtet die 2 Loth auf dem Schälchen liegen geblieben ſind, etwas ſteigt, iſt eine Folge desjenigen Verluſtes, welchen der Kieſelſtein an ſeinem abſoluten Gewichte im Waſſer erlitten hat. Zuletzt erforſche ich dieſen Verluſt, indem ich ſo lange auf das Schälchen Gewichte bringe, bis die Oberfläche des Waſſers die Marke abermals berührt. In jenen Gewichten nun, die ich hier = 1 Loth annehmen will, habe ich den Verluſt, oder die Schwere

*) Es verſteht ſich wol von ſelbſt, daß jeder Körper, deſſen ſpezifiſches Gewicht vermittels der Nicholſon'ſchen Wage erforſcht werden ſoll, höchſtens ſo ſchwer ſein darf, daß das Inſtrument, mit ihm auf dem Schälchen begabt, bis zur Marke in Waſſer taucht.

eines Wasserkörpers, dessen Volumen mit dem Umfange des Kieselsteines genau übereinstimmt, kennen gelernt. Das Gewicht des letztern Körpers in freier Luft, verglichen mit der Größe seines Verlustes im Wasser, macht mich offenbar mit seinem spezifischen Gewichte bekannt. $1\frac{1}{2}$ Loth sind aber in 3 Loth 2 Mal enthalten. So bezeichnet denn mit Rücksicht auf meine Voraussetzungen die Zahl 2 das eigenthümliche Gewicht des Kieselsteines.

Zweite Aufgabe. Das spezifische Gewicht eines festen Körpers zu finden, der zwar Wasser anschluckt, doch aber noch schwerer ist, als dasselbe, und sich auch in ihm nicht auflöst.

Auflösung. Ist ein fester Körper von solcher Beschaffenheit, so wiege ich ihn in der Luft 2 Mal ab: das erste Mal in seinem natürlichen Zustande; das zweite Mal aber, nachdem ich ihn vorher so lange untergetaucht habe, bis er kein Wasser mehr anschluckt. Sein erstes Gewicht betrage $3\frac{1}{2}$, sein zweites 5 Loth. Offenbar kommen die $1\frac{1}{2}$ Loth, welche zwischen beiden Gewichten als Unterschied dastehen, auf das Wasser, welches in ihn gedrungen ist. Nun erst weise ich ihm in dem bekannten Körbchen seine Stelle an und wäge ihn zum dritten Male. Der Gewichtsverlust sei 2 Loth. Die Zahl, welche ich erhalte, wenn ich $3\frac{1}{2}$ mit 2 dividire, also $\frac{7}{4}$ oder 1,75, giebt mir an, wie dicht das äußere Volumen des in Rede stehenden Körpers ist; das wahre spezifische Gewicht desselben aber erfahre ich erst dann, wenn ich $1\frac{1}{2}$ Loth, oder die Schwere des angeschluckten Wassers, von 2 Loth, dem angenommenen Gewichtsverluste, abziehe, und mit $\frac{1}{2}$, dem erhaltenen Reste, in $3\frac{1}{2}$ dividire. $\frac{1}{2}$ steckt in $3\frac{1}{2}$ genau 7 Mal. So weiß ich denn, daß das spezifische Gewicht der undurchdringlichen Materie meines Körpers sich auf 7 beläuft.

Dritte Aufgabe. Das spezifische Gewicht eines festen Körpers zu finden, der zwar kein Wasser anschluckt, auch sich in ihm nicht auflöst, aber leichter ist, als dasselbe.

Auflösung. Besitze ich die hydrostatische Wage Nicholson's; dann gelange ich auf demselben Wege, den ich bei der Lösung der ersten Aufgabe eingeschlagen habe, zum Ziel. Ganz anders indeß muß ich verfahren, wenn mir nur eine gewöhnliche Gleichwage zu Gebote steht. In diesem Falle sind meine Geschäfte folgende: 1) untersuche ich, wieviel der Körper (es sei beispielsweise ein Stücklein Holz von der Rothtanne) in freier Luft wiegt; 2) dasselbe thue ich mit einem andern Körper, der das Gewicht einer gleich großen Wassermenge bedeutend übertrifft (eine Bleiplatte eignet sich dazu); 3) erforsche ich den Gewichtsverlust, den a) beide Körper zusammen (die Bleiplatte wird hierbei auf das Stücklein Holz, damit letzteres nicht in die Höhe steigen kann, gelegt) und b) die Bleiplatte allein im Wasser erleidet; 4) ziehe ich, um den Gewichtsverlust des Stücklein Holzes zu erfahren, die Größe des zweiten Gewichtsverlustes von der Größe des ersten ab; endlich 5) dividire ich die Zahl, die mir das absolute Gewicht meines Stücklein Holzes angiebt, mit dem Reste, den ich bei meinem vierten Geschäft erhalten habe. Der Quotient zeigt mir offenbar das spezifische Gewicht des Hauptkörpers an. Vorausgesetzt, es hätte mich mein

erstes Geschäft auf $1\frac{1}{8}$ Loth, mein viertes aber auf 2 Loth hingewiesen; dann wäre das spezifische Gewicht des Holzes von einer Rothtanne $= 1\frac{1}{8} : 2 = 9 : 16 = \frac{9}{16} = 0{,}5625$.

Vierte Aufgabe. Das spezifische Gewicht einer tropfbaren Flüssigkeit zu bestimmen.

Auflösung. Das erste dieser beiden Gefäße ist mit destillirtem Wasser, das zweite mit absolutem Weingeiste angefüllt. Aufgefordert, das spezifische Gewicht der letztern Flüssigkeit zu bestimmen, darf ich nur 1) untersuchen, wieviel irgend ein fester Körper sowol in ihr, als auch in dem Wasser von seinem Gewichte verliert; und 2) die Zahl, welche mir den ersten Gewichtsverlust angiebt, durch die andere, welche bekanntlich den Gewichtsverlust des festen Körpers bezeichnet, dividiren. Angenommen, es verminderte sich das absolute Gewicht meines festen Körpers im Weingeiste um $1\frac{1}{3}$, im Wasser aber um $1\frac{2}{3}$ Loth; dann wäre das spezifische Gewicht jener Flüssigkeit $= 1\frac{1}{3} : 1\frac{2}{3}, = \frac{4}{3} : \frac{5}{3} = 4 : 5, = \frac{4}{5}, = 0{,}8$.

Nicht gesonnen, auf die so eben angegebene Weise zu verfahren, erforsche ich wol, wieviel ein Glasgefäß wiegt, das einen gut abgeschliffenen Rand und auf demselben eine Platte von demselben Stoffe liegen hat, wenn es 1) leer, 2) mit destillirtem Wasser, und 3) mit derjenigen Flüssigkeit, deren spezifisches Gewicht ich finden soll, bis zum Rande hin angefüllt ist. Die Gründe für mein Verfahren liegen offen dar.

Fünfte Aufgabe. Das spezifische Gewicht eines festen Körpers zu finden, der sich im Wasser auflöst.

Auflösung. Um zur Kenntniß des spezifischen Gewichtes eines solchen Körpers, beispielsweise des Glaubersalzes, zu gelangen, nehme ich irgend eine tropfbare Flüssigkeit, welche denselben nicht auflöst. Dann erforsche ich 1) das spezifische Gewicht der neuen Flüssigkeit, hier etwa des Alkohols; 2) das absolute Gewicht meines in Wasser auflöslichen Körpers; endlich 3) das Verhältniß, in welchem beide Körper mit Rücksicht auf ihre Dichtigkeit zu einander stehen. Multiplizire ich schließlich die zuletzt gefundene Zahl mit jener ersten, die das spezifische Gewicht derjenigen Flüssigkeit bezeichnet, die meinen festen Körper nicht angreift; so erhalte ich in dem Produkte das aufzufindende spezifische Gewicht. — Es sei das spezifische Gewicht des Alkohols $= \frac{4}{5}$, oder $= 0{,}8$; es verhalte sich ferner mit Rücksicht auf die Dichtigkeit das Glaubersalz zum Alkohol, wie $5:3$; dann ist das spezifische Gewicht des Glaubersalzes $= \frac{5}{3} . 0{,}8 = 1{,}66 . 0{,}8 = 1{,}328$ ungefähr.

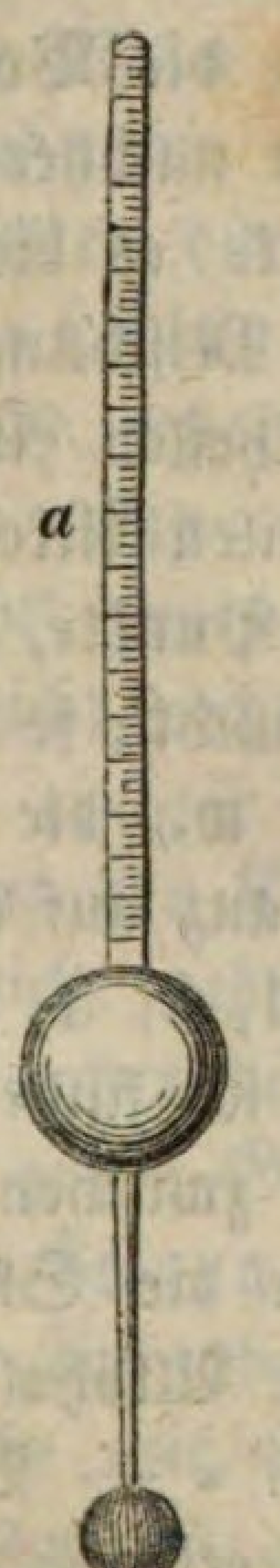
Da es zuweilen nothwendig ist, das spezifische Gewicht der Körper zu kennen; so füge ich an meine obigen Aufgaben noch eine

Tabelle des spezifischen Gewichtes einiger Körper bei der Temperatur 0 Grad.

Platin, gemünzt	22,100	Bernstein	1,078
Gold, desgleichen	19,325	Eichenholz, altes	1,170
Iridium	18,600	Buchenholz, frisches	0,982
Wolfram	17,600	Lindenholz, frisches	0,817
Blei, geschmolzen	11,352	Pappelholz, trokkenes	0,383
Silber	10,474	Kork	0,240
Wismuth	9,822	Quecksilber	13,598
Kupfer, gehämmertes	8,878	Brom	2,966
Arsenik	8,308	Schwefelsäure, englische	1,848
Eisen, geschmiedetes	7,788	Meerwasser	1,026
Zinn	7,291	Rheinwein	0,999
Schwerspath	4,426	Leinöl	0,953
Diamant	3,520	Mohnöl	0,929
Flintglas, englisches	3,373	Olivenöl	0,915
Spiegelglas	2,370	Terpentinöl	0,872
Marmor	2,837	Citronenöl	0,852
Elfenbein	1,917	Alkohol, absoluter	0,793
Phosphor	1,770	Schwefeläther	0,715

Obwol wir mit Hülfe der Nicholson'schen, ja selbst einer gewöhnlichen Wage das spezifische Gewicht jeder tropfbaren Flüssigkeit bestimmen können; so gebrauchen wir doch ungleich mehr ein anderes Instrument, bei dem das Verfahren einfacher, der Weg zum Ziele kürzer ist. Es führt den Namen Skalen-Aräometer, besteht meist (sehet Fig. 73!) aus einer dünnen, cylindrischen Glasröhre, *a*, und hat unten, damit der Schwerpunkt recht tief hinabgezogen werde und es im Wasser, Weingeist u. dgl. aufrecht schwimme, ein mit etwas Bleischrot oder Quecksilber angefülltes Gefäß. Welche besondere Einrichtung es auch besitzen möge; es gründet sich doch stets auf den Erfahrungssatz, daß ein Körper in irgend einer Flüssigkeit um so tiefer einsinkt, je geringer die Dichtigkeit derselben ist. — Folgende Skala dürfte vielleicht die einfachste, zugleich zweckmäßigste eines Aräometers sein. — Denket euch zuvörderst an einem solchen Instrumente denjenigen Punkt bezeichnet, bis zu welchem es in destillirtem Wasser einsinkt (er heiße *a*); ferner in der Röhre einen Papierstreifen angebracht, der da, wo jener Wasserpunkt *a* ist, die Zahl 100 enthält; endlich von diesem Punkte aus, und zwar sowol nach oben, als auch nach unten hin, eine Menge Theilstriche so angegeben, daß das Volumen eines Röhrenstücks zwischen je 2 dergleichen Strichen $1/_{100}$ von dem in Wasser getauchten Volumen ausmacht! Ein Aräometer mit einer solchen Skala wird Volumeter genannt. — Gesetzt, es sänke in irgend einer Flüssigkeit bis zum Theilstriche 80 der Volumeter-Skala

Fig. 73.

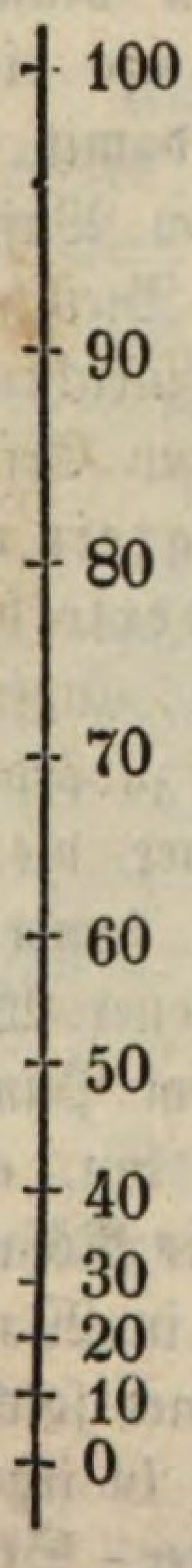


ein; dann weiß ich, daß 80 Volumen-Theile dieser Flüssigkeit 100 Volumen-Theilen Wasser an Gewicht gleich kommen, und daß mithin ihr spezifisches Gewicht $= {}^{100}/_{80} = {}^{5}/_{4} = 1{,}25$ beträgt. »Wie steht es aber wol mit dem spezifischen Gewicht einer andern Flüssigkeit, bei der die Röhre bis zum Theilstriche 120 untertaucht?« — Der hierher gehörige Allgemeinsatz lautet: »wir finden das spezifische Gewicht irgend einer Flüssigkeit, wenn wir die Zahl, bis zu welcher hin das Volumeter in derselben einsinkt, in 100 dividiren.« — Richtet nun noch auf folgende 2 Punkte eure Aufmerksamkeit!

1. Je weiter die Theilstriche von einander stehen, oder, wie wir uns auch ausdrükken können, je dünner die Röhre im Vergleich zu dem Volumen des ganzen Volumeters erscheint; desto genauer ist das Instrument. — Damit jedoch die Röhre keine zu bedeutende Länge erhalte, verfertigen die Mechaniker gewöhnlich nur solche Volumeter, die entweder blos für leichtere, oder allein für schwerere Flüssigkeiten, als Wasser, gebraucht werden können. Bei den erstern Volumetern befindet sich der mit 100 bezeichnete Wasserpunkt nahe an dem untern, bei den letztern hingegen nahe an dem obern Ende der Röhre.

2. Für gewisse Verhältnisse im praktischen Leben ist es sehr wichtig, mit Bestimmtheit zu wissen, wie groß der Gehalt einer gemischten Flüssigkeit, z. B. des Bieres, Branntweines, der Säuren, Salzauflösungen u. dgl., mit Rücksicht auf den **einen** ihrer Bestandtheile sei. Hierbei leisten uns denn abermals die Aräometer treffliche Dienste. Da sie für jeden besondern Zweck auch eine besondere Einrichtung und Skala erhalten müssen, so unterscheiden wir Bierprober, Salzspindeln, Alkoholometer u. dgl. m. Um euch einiger Maßen mit ihnen bekannt zu machen, beschreibe ich eines der wichtigsten, nämlich das Alkoholometer, das zur Bestimmung des Alkoholgehaltes in einer Mischung von Wasser und Weingeiste dient.

Fig. 74.



Stellet euch vor, eine Glasröhre der Art, wie sie die Volumeter besitzen, werde zuerst in destillirtes Wasser und nachher in absoluten Alkohol getaucht! In jener Flüssigkeit sinke es bis 0 (Fig. 74.!), in dieser bis 100 ein. Bereite ich nun Mischungen von 10 Theilen Alkohol und 90 Theilen Wasser, 20 Theilen Alkohol und 80 Theilen Wasser u. s. f. bis von 90 Theilen Alkohol und 10 Theilen Wasser, und markire ich genau die Punkte, bis zu denen in jeder dieser Mischungen die Röhre untertaucht; so bekomme ich auf der Skala die Zahlen 10, 20, 30 u. s. w., die offenbar nach oben hin aufgetragen werden müssen. Ganz auf dieselbe Weise könnte ich nun zwar auch zu den Zahlen 1, 2, 3..., 11, 12, 13..., 21, 22, 23 u. s. w. gelangen; allein ich finde es zu umständlich, und theile lieber sofort die Räume zwischen je 2 Strichen in 10 gleiche Theile. »Giebt mir etwa die Skala meines Instrumentes nun nicht an, wieviel Prozente Alkohol in einer Mischung von Alkohol und Wasser enthalten sind?« — Wer erwägt, daß wir bei den Mischungen, die wir zur Anfertigung der Skala gebrauchen, entweder das Gewicht, oder das Volumen der

Flüssigkeiten berücksichtigen können, sieht gewiß auch ein, daß wir jedes Mal, wann uns die Güte des Spiritus und dgl. bestimmt wird, fragen müssen, wasfür ein Alkoholometer bei der Untersuchung der Prozente gebraucht worden sei. — Der griechische Name Aräometer bezeichnet ein Instrument der Dünne.

Zum Schluß über das spezifische Gewicht stelle ich noch 2 Aufgaben hierher und löse sie auch zugleich:

Erste Aufgabe. Das Volumen irgend eines festen Körpers mittels Abwägung unter Wasser zu finden.

Auflösung. Ich erforsche die Schwere eines solchen Körpers, wenn er 1) auf der Schale und 2) in dem kleinen Korbe der Nicholson'schen Wage liegt. Der Unterschied beider Gewichte bestimmt die Schwere eines gleich großen Wasserkörpers. Da nun zu $1\frac{2}{9}$ Loth 1 Kubikzoll Wasser erforderlich ist; so darf ich offenbar nur noch berechnen, wieviel Mal $\frac{11}{9}$ in derjenigen Zahl, welche die Schwere des verdrängten Wassers in Lothen ausdrückt, enthalten sind. — Der Quotient zeigt das Volumen nicht nur des tropfbarflüssigen, sondern auch des festen Körpers in Kubikzollen an. — Diese Auflösung lehrt euch zugleich, daß die Physik uns nicht selten da, wo die Geometrie uns verläßt, sehr erspriesliche Dienste leistet.

Zweite Aufgabe. Auf dieselbe Weise zu bestimmen, wieviel irgend ein fester Körper von jeder der beiden zwar verschiedenen, aber bekannten Materien, aus denen er mechanisch zusammengesetzt ist, enthält.

Auflösung. Zur Lösung dieser Aufgabe bedürfen wir außer dem zusammengesetzten Körper noch zwei anderer Körper, von denen jeder mit ihm von gleicher Schwere ist und der eine nur aus der ersten, der andere blos aus der zweiten jener beiden Materien besteht. Was wir ferner zu thun haben, läuft zunächst darauf hinaus, den Verlust, den ein jeder der 3 Körper im Wasser erleidet, kennen zu lernen. Die Regeln der bekannten Mischungsrechnung lehren endlich das Weitere. — Es erinnert übrigens diese Aufgabe viel zu sehr an eine geschichtliche Merkwürdigkeit, als daß ich euch dieselbe vorenthalten dürfte.

»Hiero von Syrakus, seines Wohlverhaltens wegen zur königlichen Würde erhoben, beauftragte einst einen Künstler, ihm eine Krone zu verfertigen, und wog demselben das dazu nöthige Gold genau ab. Letzterer brachte zur bestimmten Zeit das schöne Werk. Hiero bewunderte es, fand das Gewicht richtig und belohnte den Künstler auf fürstliche Weise. Wie jedoch nach einiger Zeit die Leute sich gegenseitig zuflüsterten, es sei wol bei Anfertigung der Krone Gold unterschlagen und statt desselben Silber von gleichem Gewicht gebraucht worden, ersuchte der König den Archimedes, den Betrug, ohne aber die Krone zu vernichten, auf irgend eine Art ausfindig zu machen. Der große Gelehrte beleuchtete die Aufgabe von allen Seiten; allein er fand deren Lösung nicht. Da kam er eines Tages, während er sich noch immer mit jener Aufgabe umhertrug, ins Bad, stieg in eine Wanne, die bis zum obersten Rande mit Wasser angefüllt war, und bemerkte, daß genau so viel Wasser überfloß, als er aus der Stelle verdrängte. Mit den Worten: »ich hab's gefunden!« verließ er augenblicklich das Gefäß, sprang voller Freude nach Hause

und löste nun mit Leichtigkeit die ihm anfangs so schwer, ja fast räthselhaft erschienene Aufgabe. »Aber wie löste er sie denn?« Nun, er verschaffte sich zuvörderst zwei Massen von gleichem Gewicht mit der Krone, und zwar die eine Masse von Gold, die andere von Silber. Hierauf füllte er zu drei wiederholten Malen ein Gefäß bis zum obersten Rande mit Wasser an, versenkte in letzteres nach einander den Goldklumpen, den Silberklumpen und die Krone, und untersuchte jedes Mal sorgfältig die Schwere des Wassers, das über den Rand des Gefäßes hinweggetreten war. Nehmen wir nun beispielsweise an, daß die Krone 18 Pfund wog und $1\frac{1}{3}$ Pfund Wasser aus der Stelle verdrängte; so mußten ja, wenn sich der Künstler keiner Verfälschung schuldig gemacht hatte, auch 18 Pfund reines Gold, unter Wasser versenkt, $1\frac{1}{3}$ Pfund von ihrer Schwere verlieren. Allein der Verlust dieser Masse betrug ungleich weniger, nämlich nicht mehr, als 1 Pfund. Wäre ferner die Krone aus reinem Silber gemacht worden; so hätte sich der Verlust um $\frac{1}{6}$ Pfund, im Ganzen also auf anderthalb Pfund erhöhen müssen. Wir sind nun mit der Auflösung obiger Aufgabe so weit vorgeschritten, daß sie Jeder, der die Mischungsrechnung kennen gelernt hat, ohne fremde Hülfe bis zu Ende führen kann.«

Das Gesetz des Archimedes: »ein jeder Körper verliert, in irgend eine Flüssigkeit getaucht, so viel von seiner Schwere, als die Menge derjenigen Flüssigkeit wiegt, welche er aus ihrer Stelle verdrängt,« gilt eben so für elastische, als tropfbare Flüssigkeiten. Die Frage: »was ist schwerer, 1 Pfund Blei oder 1 Pfund Federn?« ist daher weder so albern, noch so witzig, als Mancher wähnt. Die Betrachtung der Luftbälle führt uns später auf das mehr beregte Gesetz zurück.

§. 8.

Die ausdehnende Kraft des Wassers mit Rücksicht auf gewisse andere Körper.

Was mit Erbsen, Bohnen, Gurkenkörnern und ähnlichen Sämereien vorgeht, wenn sie, wie sich die Leute auszudrükken pflegen, eingeweicht werden, kann euch nicht fremd geblieben sein; denn es tritt bei ihnen die ausdehnende Kraft des Wassers viel zu mächtig hervor. In einem fast eben so hohen Grade zeigt sie sich uns bei Holz, Papier, Fischbein, Darmsaiten, trokkenen Pflanzen u. s. w. Um sie genau kennen zu lernen, spannet nur trokkene Haare, Saiten und dgl. zwischen 2 senkrecht befestigten Stäben aus, und sie wird euch, wofern ihr anders jene Körper zuvor naß gemacht, oder auch nur in feuchte Luft gebracht habt, genügend offenbar werden. Ein trokkener Bogen Papier z. B., auf die bezeichnete Weise straff gehalten, geht aus der ebenen in eine gebogene Fläche über und macht euch daher mit seiner Zunahme an Länge aufs schönste bekannt. »Wozu führt denn aber diese Kenntniß?« — Gar viele der Körper, welche die Feuchtigkeit der Luft recht merklich anziehen, oder, richtiger bezeichnet, einen Theil des in ihr enthaltenen Wassergases verdichten, werden zu sogenannten Hygrometern oder Feuchtigkeitsmessern benutzt. Um euch wenigstens von einem solchen Instrumente eine klare Vorstellung zu verschaffen

habe ich auf unserer Wandtafel von dem Haar-Hygrometer, dessen Erfinder der Franzose Saussure ist (er starb 1794), ein möglichst treues Bild entworfen.

Die nothwendigen Theile des Saussure'schen Hygrometers sind: 1) ein Menschenhaar, das in Kalilauge gekocht, etwa 6 bis 8 Zoll lang, an dem einen Ende, *a* (Fig. 75.), vermittels einer kleinen Zwinge, *ac*, befestigt und an dem andern mit dem Umfange einer Rolle verbunden ist; 2) eine lange Nadel, *d*, die von jener Rolle getragen und gewöhnlich der Zeiger genannt wird; 3) ein unbedeutendes Gewicht, *f*, welches an einem Faden hängt und sich um die Rolle in entgegengesetzter Richtung windet; endlich 4) ein Kreisbogen, *e*, den ihr mit einer Skala begabt seht. Alle diese Theile finden sich fast immer in einem ekkigen Gestell von Metall. Wer erwägt, daß die Rolle durch das Haar oder den hygroskopischen Körper von unten nach oben, kraft des bezeichneten Gewichtes aber von oben nach unten gezogen wird, sieht auch ein, daß der Zeiger, je nachdem sich das Haar verlängert oder verkürzt, nach der linken oder rechten Seite hingehen muß. Gesonnen, seinem Instrumente eine Skala zu geben, setzte Saussure es zuerst in ein innen befeuchtetes, auch überall von Wasser eingeschlossenes, nachher aber über ein erhitztes, etwa mit glühender Pottasche gefülltes, kurz mit vollkommen trokkener Luft begabtes Gefäß, und beachtete jedes Mal die Stelle, bei welcher die Spitze des Zeigers stehen geblieben war. Den Punkt der größten Trokkenheit, *h*, bezeichnete er mit 0, den Punkt der größten Feuchtigkeit hingegen, *s*, mit 100; er theilte also den Fundamental-Abstand in 100 gleiche Theile oder Grade.

Fig. 75.



Fast eben so eingerichtet, wie das Haar-, ist das Fischbein-Hygrometer. Letzteres ist eine Erfindung des berühmten de Luc und besitzt anstatt des Menschenhaares einen 4 bis 6 Zoll langen, dünn abgezogenen, nicht der Länge, sondern der Breite nach geschnittenen Faden Fischbein. Ungeachtet schon ein leiser Hauch, dem hygroskopischen Körper mitgetheilt, den Zeiger von seiner bisherigen Stelle etwas verdrängt; so gebrauchen wir es heutigen Tages doch eben so wenig, als das Saussure'sche Haar-Hygrometer, mit dem es, ungeachtet die Punkte der größten Trokkenheit und Feuchtigkeit auf dieselbe Art bestimmt werden, nie gleiche Grade von dem Wassergehalte der Luft anzeigt. Viel zweckmäßigere, hierher gehörige Instrumente sind Daniell's Hygrometer und des Professors August in Berlin Psychrometer oder Naßkältemesser. Ueber Letzteres kommt bei der Wärme das Nähere vor.

Schließlich gedenke ich mit einigen Worten der hierher gehörigen Wetterpropheten. — Bald giebt es nämlich nette Höhlen, die von ihrem Bewohner, gewöhnlich einem Fuchse, wol bei trokkener, nie aber bei feuchter Witterung verlassen werden; bald wieder zierliche Häuschen, an deren Thür, wenn schlechtes Wetter bevorsteht, ein Herr mit einem Regenschirme, hingegen, wenn schönes Wetter eintreten soll, ein anderer mit einem Spazierstock, oder auch eine Dame mit einem Sonnenfächer erscheint. — Denket euch nur bei diesen

Begebenheiten eine hölzerne Scheibe, die an dem einen Ende einer Darmsaite hängt, und auf welcher in der Nähe ihres Umfanges eine Fuchs-, oder irgend eine andere Thiergestalt Platz genommen hat; ferner, wie das zweite Ende jenes hygroskopischen Körpers so unter der Höhle befestigt ist, daß die Gestalt, während die Saite ihrer Feuchtigkeit halben an Länge gewinnt, langsam in ihre Wohnung zurückkehrt, hingegen, wann sie der Trokkenheit wegen wieder kürzer wird, aufs neue vor derselben erscheint! und sehet! ihr seid über das erste der angestaunten Wunder klar, habt also das Geheimniß der Wetteranzeige entdeckt. — In ähnlicher Art verhält es sich mit der zweiten Erscheinung. Bringt ihr nämlich an 2 einander entgegengesetzten Stellen der hölzernen Scheibe statt des Fuchses einen Herrn mit einem Regenschirm und eine Dame mit einem Sonnenfächer an; so muß, wofern die Saite und das Haus auf gleiche Weise eingerichtet sind, jener bei der einen, diese bei der andern Beschaffenheit des Wetters vor die Thür treten.

Daß wir Aexte, deren Stiel herauszufallen droht, ins Wasser tauchen; daß Zeichner ihr Papier, bevor sie es aufspannen, naß machen; daß in feuchten Zimmern, besonders in solchen, die neue Wände erhalten haben, die Dielen und die Bekleidungen der Fenster und Thüren auf dem ihnen angewiesenen Orte nicht mehr Platz finden; daß zuweilen gewisse Tischlerarbeiten, als kieferne Scheidewände, Bekleidungen u. dgl. m., unter einem heftigen Knalle von einander reißen; daß bei dem Spalten des Holzes und der Steine solche Keile, die wir zuvor naß gemacht haben, die vortrefflichsten Dienste leisten: über diese und noch viel andere Erscheinungen ertheilt euch die ausdehnende Kraft des Wassers den vollkommensten Aufschluß.

Vierter Abschnitt.

Die Bewegung und das Gleichgewicht elastischflüssiger Körper.

Vorherbemerkung. Dieselbe hohe Wichtigkeit, welche unter den tropfbaren Flüssigkeiten das Wasser besitzt, kommt unter den elastischen oder ausdehnsamen der Luft zu; ich werde daher hier hauptsächlich über sie sprechen.

§. 1.

Das Dasein der Luft.

Daß die Luft, diese ungemein feine, bis zu einer gewissen Höhe Alles erfüllende Flüssigkeit wirklich vorhanden ist, läßt sich so recht nicht bezweifeln. Zwar ertheilt uns über ihr Dasein gerade einer unserer vornehmsten Sinne, nämlich das Gesicht, wenig Aufschluß; ein desto schöneres Zeugniß über dasselbe legen uns hingegen die Sinne des Gefühls und des Gehörs ab. Ja, wir fühlen die Luft, so oft wir die Hand, einen Fächer, überhaupt einen etwas breiten Körper, gegen das Gesicht bewegen; wir hören sie aber auch, wenn sie an feste Körper stößt, oder sich durch Röhren, enge Klüfte und ähnliche Gegenstände drängt. Noch deutlicher nehmen wir sie bei heftigen Sturmwinden und furchtbaren Orkanen wahr. Wer anders, als sie, thürmt während dieser Naturerscheinungen das Meer bergehoch, entwurzelt die festesten Eichen, wirft Menschen, Häuser und ganze Wälder nieder, hebt gewaltige Wolken von Sand und Staub in die Höhe, und führt über den Ocean große Schiffe, selbst wenn sie aufs stärkste belastet sind, wie Federbälle dahin? Auch das Athmengeschäft sagt uns, daß sie vorhanden und ein körperliches Wesen sein müsse. Nur durch sie erhalten wir unser Leben und unsere Gesundheit; blos in ihr gedeihen die lieblichen Pflanzen, welche Jedem in Wäldern und Thälern, auf Bergen und Wiesen in unendlicher Zahl entgegenlächeln; allein durch sie beglükken uns die Gesänge der Vögel, die Töne musikalischer Instrumente, die freundlichen Stim-

men und die trostreichen Worte unserer Mitbrüder. Noch andere Beweise für ihr Dasein bedürfen wir nicht.

§. 2.

Die Eigenschaften der Luft im Allgemeinen.

Die Luft ist ein Körper. Daß ihr, als einem solchen Dinge, fast alle Merkmale zukommen, welche ich euch in dem ersten Abschnitte genannt habe, versteht sich von selbst: weder Ausdehnung, noch Undurchdringlichkeit; weder Porosität, noch Theilbarkeit u, s w. fehlen ihr*). Es sei jedoch hier nicht von allen, nein, nur von den wichtigsten derselben, der Ausdehnsamkeit und der Schwere, vorläufig die Rede.

a. Die Ausdehnsamkeit der Luft.

Von den verschiedenen Dingen, die ihr heute auf meinem Tische erblickt, nehme ich zuerst die mit Luft angefüllte, oben fest zugebundene Blase zwischen beide Hände, presse sie, so viel es nur immer meine Kräfte erlauben, und überlasse sie endlich wieder, indem ich den Druck von ihr entferne, sich selbst. »Und welches ist hiervon der Erfolg?« Nun, ihr seht deutlich, daß sie sogleich ihr früheres Volumen wieder einnimmt. — Zu meinem zweiten Versuche wähle ich diese walzenförmige, mit auffallend dikken Wänden begabte Glasröhre. Nachdem ich sie mit dem verschlossenen untern Ende fest an die Wand gestemmt, und auch den zu ihr gehörigen Kolben, der vollkommen genau abgepaßt sein muß, etwas in den obern Theil der Oeffnung gebracht habe, stoße ich auf den letztern mit einer Kraft, als beabsichtigte ich, den Boden zu zertrümmern. Was ihr bei diesem Experimente hauptsächlich zu beobachten habt, ist der Umstand, daß der Kolben sogleich, da der Druck aufhört, zurückgetrieben wird. Sowol diese letztere, als auch jene erstere Erscheinung sind Wirkungen der Luft. Das Bestreben, sich, wenn sie zusammengedrückt worden ist, wieder auszudehnen, leuchtet aus beiden Versuchen klar hervor; nur in ihm erkennen wir ferner die Ursache, warum die Blase in ihr altes Volumen zurück- und der Kolben aus dem größern Theile der Röhre hinweggeführt wird. Der Heronsball, der Heronsbrunnen, die Windbüchse, die Feuerspritze, die Taucherglokke, wie auch noch einige mit der Luftpumpe anzustellenden Experimente verweisen auf dieselbe Eigenschaft der Luft. Wir belegen sie gewöhnlich mit dem Namen Ausdehnsamkeit.

Daß ein umgekehrtes Bierglas, in Wasser recht gleichmäßig getaucht, von der in ihm enthaltenen, nun zusammengedrückten Luft aufwärts getrieben und umgestoßen wird; daß weiche Blätter, mit einer etwas vertieften Fläche auf die eine hohle Hand gelegt, in dem Augenblikke, da wir mit der andern Hand

*) Da die Lufttheilchen ein Bestreben haben, sich weiter von einander zu entfernen; so entbehren sie offenbar der Cohärenz. Mit Rücksicht hierauf gehörte also die Cohärenz den allgemeinen Eigenschaften der Körper nicht an.

auf sie schlagen, einen bedeutenden Knall hören lassen; daß unsere Bakken, wann wir sie aufgeblasen haben, viel Elasticität besitzen u. s. w.: zu allen diesen und noch viel andern Erscheinungen liefert euch allein die Ausdehnsamkeit der Luft den Schlüssel.

b. Die Schwere der Luft.

Hier habe ich eine an beiden Enden offene Glasröhre. Ich tauche sogleich das untere Ende in Wasser, verschließe mittels eines meiner Finger das obere, und hebe sie dann so weit wieder empor, daß nur noch jenes Ende in der genannten Flüssigkeit sich befindet. Wie auffallend! der Wasserspiegel in ihr steht höher, als der in meinem größern Gefäße. Der Grund hiervon liegt blos in der Schwere der äußern Luft; nur sie drückt gegen die untere Oeffnung der Röhre mit einer Kraft, die dem Drukke der Wassersäule und der eingeschlossenen Luft zusammengenommen gleich ist. Ich ziehe nun meinen Finger von der Oeffnung wieder hinweg. Und sehet! sogleich sinkt auch das Wasser in der Röhre so tief, daß es mit der Oberfläche des Wassers im größern Gefäße dieselbe Horizontal-Ebene bildet. Der Saug- und der Stechheber, die Luft- und die Wasserpumpe, vorzugsweise aber das Barometer (es wird euch über alle diese Instrumente das Nöthige mitgetheilt werden), rufen ähnliche Erscheinungen hervor und belehren uns daher eben so schön über die Schwere der Luft.

Daß die sogenannten Schröpfköpfe, wenn sie zuvor über ein Licht gehalten und dadurch erwärmt worden sind, ins weiche Fleisch tief eingreifen, und daselbst auch so lange sitzen bleiben, bis unter sie eine gewisse Menge Blut getreten ist; daß der Tabacksrauch in einer Pfeife emporsteigt, wenn Jemand an dem obern Ende saugt; daß der Dekkel guter Thee- und Kaffeekannen, damit die Flüssigkeit herauslaufe, mit einem kleinen Loche versehen ist; daß ein gefülltes Faß, wofern man es anders überall gut ausgepicht und besonders an seinem Spundloche genau verstopft hat, sein Bier oder seinen Wein nicht fahren läßt, wenn selbst in eine der beiden Seitenwände ein großes Loch gebohrt wird, u. s. w.: über alle diese Erscheinungen, denen ihr noch eine Menge anderer leicht beigesellen könnt, ertheilt euch die Schwere der Luft den nöthigen Aufschluß.

§. 3.

Das Barometer.

Einst (so erzählt die Geschichte) wurde in einem Garten zu Florenz eine ungewöhnlich lange Pumpe aufgestellt. Wie indeß die Arbeiter anfingen, sie zu versuchen, befremdete es sie und alle Zuschauer nicht wenig, das Wasser im Stiefel stets nur bis zu einer Höhe von ungefähr 32 Fuß steigen zu sehen. Dies Ereigniß setzte sie in Erstaunen und Verwirrung zugleich; sie berathschlagten lange hin und her; endlich begaben sie sich zu Galiläi, einem um die Naturwissenschaften unsterblich verdienten Manne (seine große Wirksamkeit füllt fast die ganze erste Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts aus), machten ihn

mit der höchst auffallenden Erscheinung bekannt und fragten nach der Ursache derselben. Galiläi's Ruhm stand auf dem Spiele. Zwar war dieser gelehrte Mann bereits zu der Ansicht gelangt, daß nicht nur die in Rede stehende, sondern auch noch so manche andere Erscheinung wol blos auf der mechanischen Wirkung der Luftschwere beruhen könnte; allein noch hatte er wahrscheinlich über einen so neuen Gegenstand seine Gedanken nicht ganz ins Klare gebracht, und so fertigte er denn jene Leute, weil er sein Geheimniß nicht preisgeben wollte, mit der Anwort ab: »der Abscheu der Natur vor dem leeren Raume ist begrenzt.« Kurze Zeit darauf starb er. Toricelli, sein früherer Schüler und nunmehriger Nachfolger im Lehramte, nahm jenes Ereigniß wieder auf, und kam auf den glücklichen Gedanken: »wie, wenn dieselbe Kraft, welche das Wasser in der Pumpe 32 Fuß emportreibt, auch auf das Quecksilber wirkte; müßte dieses dann nicht in irgend einer Röhre nur den 13ten oder 14ten Theil so hoch stehen?« Und sehet! dieser Gedanke führte ihn zu einem der sinnreichsten Experimente. Er füllte nämlich eine 3 Fuß lange und an dem einen Ende verschlossene Glasröhre mit Quecksilber an; hierauf hielt er vermittels eines seiner Finger das andere Ende derselben fest zu, kehrte die Röhre um, und tauchte sie ein Gefäß, in welchem gleichfalls Quecksilber befindlich war; zuletzt zog er den Finger wieder hinweg, beraubte also die Quecksilbersäule ihrer scheinbar nöthigen Unterstützung. Nun sank das Quecksilber in der Röhre zwar anfangs etwas; allein gerade zur rechten Zeit, nämlich in einer Höhe von ungefähr 28 Zoll, blieb es unveränderlich stehen: 28 Zoll, mit $13\frac{1}{2}$, dem spezifischen Gewichte des Quecksilbers, multiplizirt, giebt aber 378 Zoll oder beinahe 32 Fuß. So war denn der erste große Schritt gethan; ihm folgte in Kurzem ein zweiter, dritter, vierter nach. »Liegt die unbekannte Kraft, wie vielleicht schon Galiläi vermuthet hat, wirklich in der Schwere der Luft; dann muß (so schloß Toricelli weiter) das Quecksilber in der Glasröhre sinken, wenn man sich mit ihm auf hohe Berge begiebt.« Und auch derjenige Versuch, welcher ihm hierüber Gewißheit bringen sollte, wurde mit dem schönsten Erfolge gekrönt. Als nämlich Pascal, an den er sich gewandt hatte, einen 3000 Fuß hohen Berg bestieg, sah er, daß das Quecksilber in der Röhre immer mehr sank, und, auf dem Gipfel desselben angelangt, kaum noch 25 Zoll hoch stand. So war denn dargethan, daß nicht der Abscheu vor dem leeren Raume, wie einst Aristoteles gelehrt hatte, sondern die Kraft des Luftdrucks das Wasser im Pumpenstiefel 32 Fuß hoch erhielt. Merket hierbei vorläufig dreierlei! 1. der zu diesem Beweise nöthige Apparat (Fig. 76) führt den Namen Toricelli'sche Röhre, oder auch, und zwar gewöhnlich, weil er noch mit einer Skala versehen ist, Barometer oder Schwermesser der Luft; 2. die vertikale Höhe, in welcher sich die Kuppe *s* über der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße *ab* befindet, heißt die Barometerhöhe, so wie endlich 3. der Raum über der Quecksilbersäule, der bekanntlich keine Luft in sich birgt, die Toricelli'sche Leere.

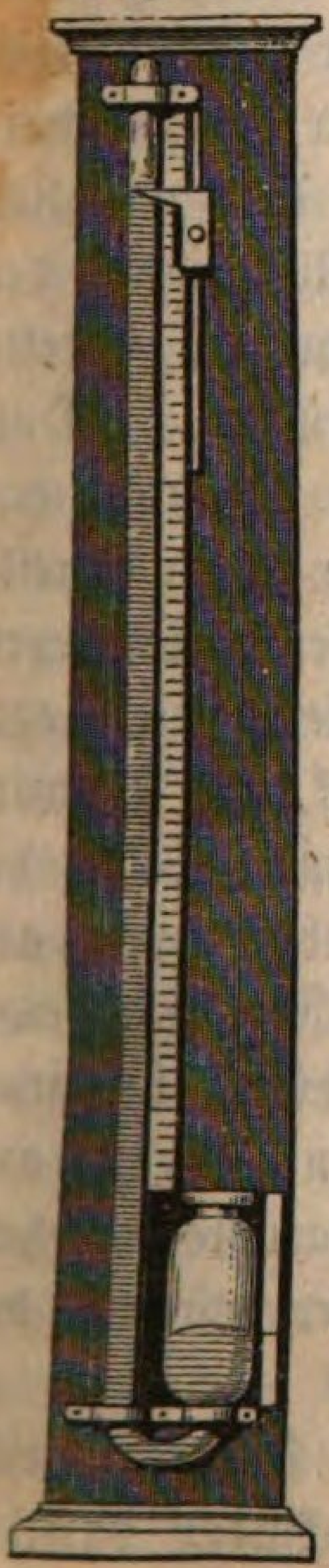
Fig. 76



Auch bei der Bereitung eines solchen Instruments giebt es der Vorsichts-Maßregeln nicht wenige, welche der Künstler, wenn er es möglichst vollkommen haben will, nie außer Acht lassen darf. Nur auf die wichtigsten derselben mache ich hier aufmerksam.

Zuvörderst hat er bei der Glasröhre darauf zu sehen, daß der innere Raum derselben (die Dikke der Wände kommt also nicht in Rechnung) mindestens anderthalb Linie beträgt: denn in allzu engen Röhren bringt schon ein ganz kleines Luftbläschen, das sich in der Toricelli'schen Leere befindet, einen erheblichen Fehler hervor; ferner steht in ihnen, selbst wenn sie völlig luftleer sind, das Quecksilber, weil es den Reibungs-Widerstand der Glaswände schwerer überwindet, stets etwas zu niedrig. Die Künstler nehmen daher zu sehr genauen Barometern zuweilen Röhren von 6 Linien Durchmesser. Um der Quecksilberkuppe die richtige Stellung zu verschaffen, dürfen wir bei gewöhnlichen Barometern nie unterlassen, vermittels unserer Finger die Röhre etwas anzustoßen. Wer ferner meint, der Künstler habe, um das Barometer zu füllen, nur nöthig, das Quecksilber sofort in die Röhre zu gießen, kennt den wichtigen Umstand nicht, daß es eben so, wie jede andere tropfbare Flüssigkeit, eine bedeutende Menge Luft einsaugt, von der es durchdrungen und mit welcher es innig verbunden wird, und daß ferner diese Luft sogleich, als sie in den leeren Raum des Barometers tritt, das Bestreben zeigt, aus dem Quecksilber in Gestalt von Blasen wieder zu entweichen. Dem bezeichneten Uebel beugt er dadurch vor, daß er das Quecksilber bis zum Sieden erhitzt. Vermöge der nun bedeutend größern Expansiv-Kraft der Luft geht die Trennung zwischen beiden Flüssigkeiten sogleich vor sich; die Luft bildet Blasen, die an der Oberfläche des Quecksilbers zerplatzen, und verläßt in kurzer Zeit ihr bisheriges Gefängniß ganz. — Die dritte Vorsichts-Maßregel hat die Röhre selbst zum Gegenstande. Wie die Erfahrung täglich lehrt, hängen sich die Theilchen der Luft und des Wassers sehr stark an die Flächen des Glases und lassen daher auch die innern Wände der Röhre nicht unverschont. Diese dünne Schicht von Luft und Feuchtigkeit ist aber bei der Verfertigung der Barometer ein neuer Anstoß. Um auch sie hinwegzubringen, kann der Künstler nichts Besseres thun, als das Quecksilber allmälig in die Röhre zu schütten, und letztere nach jeder neu empfangenen Gabe so stark zu erhitzen, daß es in den Zustand des Siedens geräth. Sein neues Geschäft erfordert übrigens viel Zeit und große Geduld. Ob in der Toricelli'schen Leere noch Luft zurückgeblieben sei, oder nicht, erfährt er, wenn er das Barometer aus dessen vertikaler in eine etwas geneigte Stellung versetzt; denn im bejahenden Falle füllt sich die Röhre nicht vollkommen mit Quecksilber an, sondern läßt an ihrer Spitze ein kleines Luftbläschen zurück.

Fig. 77.



Die Barometer erscheinen in verschiedener Gestalt; die drei Hauptarten derselben sind:

1. das gewöhnliche Barometer. Dasselbe besteht aus einer Röhre, die unten gekrümmt ist und in ein weites, birnförmiges Gefäß übergeht. (Fig. 77.) Allein dazu bestimmt, die Veränderungen im Luftdruck anzugeben, hat es in der Regel auch

nur an seinem obern Theile die Skala. Ueber die Wörter: »Sturm, Regen, veränderlich, schön u. s. w.,« werdet ihr später die nöthige Auskunft erhalten Ist anders das birnförmige Gefäß, mit dem Durchmesser der Röhre verglichen, nicht zu eng; so sind die Schwankungen der Säule so unmerklich, daß wir den Quecksilberstand als constant oder unveränderlich betrachten können. Dessenungeachtet eignet sich zu genauen Beobachtungen das gewöhnliche Barometer nicht.

2. das Heberbarometer, welches, wie das gewöhnliche, zwar auch unten aufwärts gebogen ist, aber anstatt des Gefäßes zwei parallele, und, so weit sich die Veränderungen im Quecksilberstande erstrekken, vollkommen gleich weite Schenkel besitzt. Ziemlich bekannt, und zugleich, weil es genaue Resultate giebt, leicht beobachtet und bequem transportirt werden kann, überaus wichtig ist das Gay-Lussac'sche Heberbarometer. Die hier entworfenen Figuren 78., 79. und 80. veranschaulichen es euch. Die Oeffnung *a* ist bei ihm zwar groß genug, um die Luft frei eintreten zu lassen; allein viel zu klein, als daß durch sie das Quecksilber entweichen könnte. So dürfen wir es denn ohne Nachtheil in die umgekehrte Lage (s. Fig. 79!) bringen. Fasset ihr weiter die Quecksilberkuppe, welche dem Druck der atmosphärischen Luft ausgesetzt ist, näher ins Auge; so kann es euch kaum entgehen, daß der Nullpunkt, von dem aus wir die Höhe der Barometersäule zu messen haben, steigt und fällt, und daß daher die Beschaffenheit der Skala es uns stets möglich machen muß, den Nullpunkt der Theilung ganz genau an die Stelle der untern Kuppe zu rükken. Daß die Röhre so gekrümmt ist und der offene Schenkel mit dem obern Theile des verschlossenen, zugleich längeren Schenkels in einer geraden Linie liegt, hat keinen andern Zweck, als vermittels einer und derselben Skala die Stellung beider Quecksilberkuppen ablesen zu können. Die Fig. 80 zeigt euch zugleich, wie das schöne, in einer hölzernen Hülse befestigte Instrument einen Stab bildet und eben dadurch auf Reisen in doppelter Beziehung wichtig wird. Bei jedem Heberbarometer ohne Ausnahme fällt, indem beide Schenkel einen gleichen Durchmesser besitzen, der Einfluß der Capillarität weg.

Fig. 78.

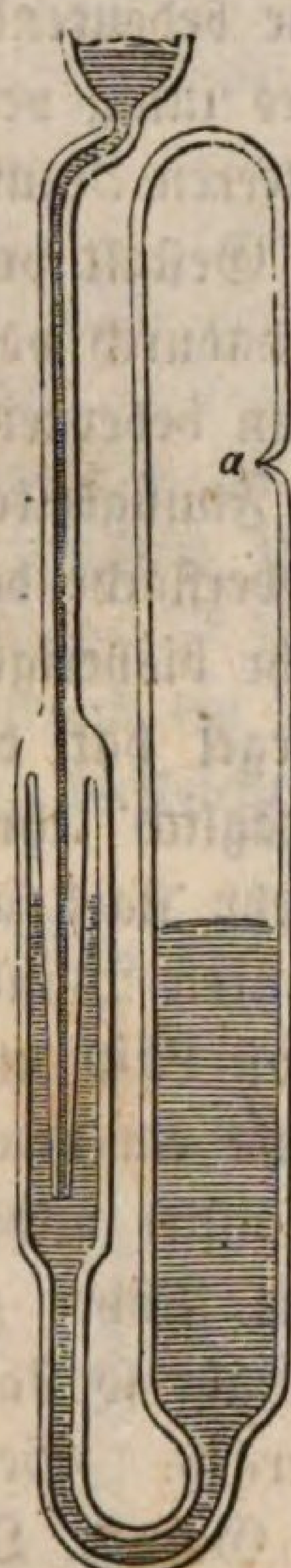


Fig. 79.



Fig. 80.



3. das Gefäßbarometer. — Wir erkennen es an seiner überall geraden Glasröhre, deren offenes Ende in ein Gefäß voll Quecksilber taucht. Vorausgesetzt, daß die Röhre genügend weit, und der Raum, welcher sich ober-

halb der Kuppe befindet, seine frühere Luft völlig verloren hat, finden wir bei ihm kein Hinderniß, das dem Drukke der äußern Luft entgegenwirkte.

Die Barometer ertheilen uns Aufschluß:

1. über die ungleiche Größe des Luftdrucks zu verschiedenen Zeiten an einerlei Ort. — Man befestige irgend ein Barometer an einer gewissen Stelle genau vertikal, und sehe hierauf von Zeit zu Zeit nach, wie hoch das Quecksilber in der Röhre steht. Gewöhnlich gehören nur wenige Tage dazu, sich zu überzeugen, daß die Höhe desselben bald größer, bald geringer, oder daß der Druck der Luft mancherlei Veränderungen unterworfen ist. Diese wichtige Beobachtung machte schon der Erfinder des nützlichen Instruments. »Daß das Quecksilber innerhalb eines Raumes von zwei Zoll steigt und fällt; daß ferner die bezeichnete Differenz auf hohen Bergen und unter dem Aequator nie so bedeutend wird, als in niedrigen Gegenden und in den Ländern nach den beiden Polen hin,« haben seit zwei Jahrhunderten alle Untersuchungen immer aufs neue bestätigt. Leider steht es mit gewissen andern Beobachtungen nicht so sicher; ich meine diejenigen, welche sich auf Witterungsereignisse beziehen, die man von jeher mit dem verschiedenen Quecksilberstande zu verbinden gesucht hat. Daß das Barometer bei bevorstehendem Regen oder Schnee gewöhnlich fällt, hingegen, wenn schönes Wetter eintreten soll, fast immer steigt; wer wollte Dies leugnen? allein es ist Solches, wie die Erfahrung lehrt, doch nicht stets der Fall. Zu gewissen Zeiten des Jahres, vorzugsweise um die Zeit der Tag- und Nachtgleichen, kommen die Abweichungen besonders häufig vor; auch sind manche Jahre durch dergleichen Unregelmäßigkeiten ausgezeichnet. »Die Wettergläser wissen nichts mehr!« so spricht wol dann der gemeine Mann; und wahrlich! er hat nicht unrecht. So unzuverlässig in dieser Hinsicht aber auch das Barometer erscheint, so ist doch eine Uebereinstimmung zwischen den Richtungen der Winde und seinen höhern oder niedern Quecksilberständen keinesweges zu verkennen; denn es treffen nicht allein vorzüglich hohe Barometerstände mit Ost- und Nordwinden zusammen, sondern es steht auch fast allgemein das Quecksilber bei östlichen und nordöstlichen Winden höher, als bei solchen, die aus andern Richtungen kommen. Die Regel: »das Barometer steigt bei Ost- und fällt bei Westwinden,« ist nur wenigen Ausnahmen unterworfen, und tritt allerdings mit der Behauptung: »das Steigen des Quecksilbers verspricht gutes, das Fallen desselben schlechtes Wetter,« in ziemlich genaue Verbindung. Erwäget dabei hauptsächlich folgende Ansicht mit Aufmerksamkeit! Unter den verschiedenen fremdartigen Dingen, die stets in der Luft umherschwimmen, sind es besonders die aufgelösten Wasserdämpfe, welche zufolge ihres Bestrebens, nach allen Richtungen sich auszudehnen, auf das Quecksilber wirken. Das Steigen und Fallen desselben ist fast allein durch sie bedingt. Je mehr sich aber die Wasserdämpfe dem tropfbaren Zustande nähern; desto geringer wird ihre Expansiv-Kraft, desto unmerklicher mithin auch ihr Einfluß auf das Barometer. So wißt ihr denn, warum das Sinken des Quecksilbers im Sommer Regen, im Winter Schnee erwarten läßt; welche Bewandtniß es ferner mit den Anzeigen: »sehr trockenes Wetter, schönes Wetter, unbeständiges Wetter u. s. w.« hat; und daß das Barometer, obgleich es uns oft hintergeht, nicht mit Unrecht den

Namen **Wetterglas** führt. Nie läßt sich indeß aus einer einzigen Beobachtung ein Schluß über die wahrscheinlich eintretende Witterung ziehen. Wir unterscheiden übrigens *zufällige* und *periodische Schwankungen* des Barometers: *jene*, auf die sich alles Vorhergegangene bezieht, kommen gleichsam, wann es ihnen beliebt, und machen es uns daher unmöglich, sowol ihre Zeit, als auch ihre Größe vorauszusehen; *diese* hingegen treten zu bestimmten Zeiten ein, und besitzen, wie schon i. J. 1722 von einem Holländer entdeckt worden ist, eine unveränderliche Größe*). Was verstehen wir endlich unter dem *mittlern Barometerstande* eines Ortes?« — Sehr gründlichen Beobachtungen zufolge giebt es eine Stunde, in der die Quecksilberkuppe fast ganz genau seine mittlere Höhe des Tages erreicht. Diese Stunde ist in Deutschland und in dessen benachbarten Ländern die Mittagsstunde. Stellet euch nun vor, es habe sich Jemand vom 1. Januar bis zum 31. Dezember sämmtliche tägliche mittlere Barometerhöhen angemerkt! ein Solcher dürfte, um die mittlere Höhe für einen jeden Monat zu finden, nur die betreffenden 30 oder 31 täglichen Höhen addiren und die erhaltene Summe mit 30 oder 31 dividiren. Auf dieselbe Weise gelangte er zu der mittlern Barometerhöhe für ein ganzes Jahr. Nun ist zwar der mittlere Barometerstand nicht für alle Jahre vollkommen gleich; allein die Veränderungen, welche er erleidet, sind so überaus gering, daß sie als gar nicht vorhanden angesehen werden können. In Berlin beträgt der mittlere Barometerstand 27 Zoll 11,8 Linien Par. Maß. — Das Barometer belehrt uns

2. *über die ungleiche Größe des Luftdrucks in derselben Zeit an verschiedenen Oertern.* — Daß das Quecksilber sinkt, wenn wir die Barometerröhre nach einem höhern Orte tragen, habt ihr schon in dem Geschichtlichen über das nützliche Instrument kennen gelernt. Und wie könnte Dies wol auch anders sein? — Je höher unser Standpunkt über der Meeresfläche liegt: desto länger ist offenbar die Luftsäule, welche wir unter uns gelassen haben; desto kürzer ferner die andere, die sich über uns befindet und das Steigen oder Fallen des Quecksilbers in der Röhre bewirkt. Um das Verhältniß zu erfahren, in welchem die Röhre der Quecksilbersäule zu den jedesmaligen Beobachtungshöhen steht, bedürfen wir zwei sehr sorgfältig gearbeiteter Barometer, von denen das *eine* an dem niedern, das andere an dem höhern Ort aufgehängt wird. Die Beobachtung selbst muß bei beiden Instrumenten in derselben Sekunde erfolgen. Vorausgesetzt, daß das erste Barometer mit der Meeresfläche fast gleich tief liegt, wird uns das zweite, auf einen ungefähr 73 Fuß höhern

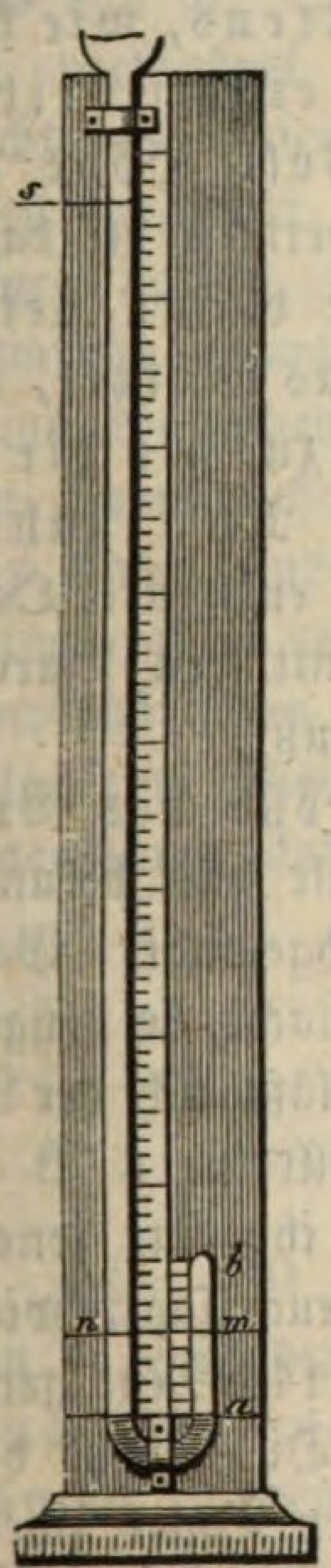
---

*) *Alexander von Humboldt* gelangte mittels einer Reihe genauer Beobachtungen zu dem Resultate, daß das Barometer unter dem Aequator um 9 Uhr Morgens das erste und gegen 10 Uhr Abends das zweite Maximum, ferner um 4 Uhr Morgens das erste und zwischen 4 bis $4\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags das zweite Minimum seiner Höhe erreicht, und daß dies Alles dort so regelmäßig vor sich geht, daß die Schwankungen, wären sie nur etwas merklicher, die Stelle einer Uhr recht gut vertreten könnten. Wie ganz anders steht es mit Rücksicht hierauf in den kalten und den gemäßigten Zonen! So viel Mühe ein Beobachter sich bei uns immerhin geben möge; nie wird es ihm gelingen, die periodischen Schwankungen eines Barometers, weil die zufälligen allzu bedeutend sind, selbst nur einiger Maßen nachzuweisen.

Standpunkt gebracht, ein Fallen des Quecksilbers um 1 Linie zeigen. Dieser Umstand macht uns zunächst mit der Schwere der Luft in niedern Gegenden bekannt. Müssen wir nämlich gegen 73 Fuß steigen, um das Quecksilber 1 Linie fallen zu sehen; so ist es klar, daß eine Luftsäule von jener Höhe eben so viel wiegt, als eine Quecksilbersäule, die mit ihr einen gleichen Querschnitt besitzt, von dieser Höhe. 73 Fuß verhalten sich aber zu 1 Linie, wie 10512 zu 1. Also ungefähr in diesem Verhältnisse steht die eigenthümliche Schwere des Quecksilbers zur spezifischen Schwere der niedern Luft. Ich sage mit Absicht: »*der niedern Luft*;« denn auf höher gelegenen Standpunkten verändert sich das bezeichnete Verhältniß merklich. Als eine *schwere* Flüssigkeit übt nämlich die Luft auf Alles, was sich unter ihr befindet, einen Druck aus; als eine *elastische* nimmt sie, sobald die auf sie wirkende Kraft geringer wird, ein größeres Volumen ein. So kann es euch denn nicht befremden, daß die höhern Luftschichten leichter sind, als die niedern, und daß wir daher, um das Quecksilber wieder um 1 Linie fallen zu sehen, etwas weiter, als 73 Fuß, steigen müssen. Je höher wir kommen, desto mehr beträgt natürlich dieser Unterschied.

Das Gesetz, nach welchem die Ab- oder Zunahme der Dichtigkeit der Luft erfolgt, heißt nach seinem Entdekker das *Mariotte'sche* und lautet: »*bei jedem luftförmigen Stoffe verändert sich das Volumen im umgekehrten Verhältnisse mit dem Drukke.*« Um es durch einen Versuch mit *verdichteter* Luft zu beweisen, nehme man eine heberartig gebogene Glasröhre (Fig. 81.), deren kürzerer Schenkel verschlossen, deren längerer aber oben offen ist. Die Weite der Röhre betrage gegen einen halben Zoll; der kurze Schenkel ferner sei vollkommen cylindrisch und mit starken Wänden versehen; neben diesem und dem längern Schenkel endlich befinde sich, damit man die Höhe beider Quecksilberkuppen aufs genaueste angeben könne, eine Skala. Bei dem Gebrauche müssen auch hier beide Schenkel möglichst lothrecht hängen. Nun gieße man sehr langsam etwas Quecksilber in die Röhre, und neige dann etwas, damit die Luft aus dem kürzern Schenkel entweiche, den Apparat. Nur so kann man es dahin bringen, daß das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich hoch steht und auch den Nullpunkt, oder irgend einen Theilstrich der Skala ganz genau berührt. Angenommen, es befinde sich die Quecksilberkuppe des kürzern Schenkels bei *a* und habe mit der andern Quecksilberkuppe gleiche Höhe; dann erleidet offenbar die Luft, welche in dem Raume *ab* abgesperrt ist, den Druck der Atmosphäre. Man fülle nun von Neuem in den längern Schenkel Quecksilber, und zwar so viel, daß es im kürzern Schenkel den Punkt *n*, d. h. genau die Mitte von *ab*, berührt. Hierauf bezeichne man im längern Schenkel den Punkt *n*, welcher mit *m* eine gleiche Höhe hat, und messe, wie hoch sich das Quecksilber über *n* erhebt. Wissen wir nun: 1) daß die Luft in *ab* auf die Hälfte ihres vorigen Vo-

Fig. 81.



lumens zusammengepreßt ist, und 2) daß die Barometerhöhe und die Höhe der Quecksilbersäule *ns* genau mit einander übereinstimmen: so dürfen wir keinen Augenblick mehr zweifeln, daß der in *bm* eingeschlossenen Luft ein Druck von 2 Atmosphären entgegenwirkt. Besitzt anders der offene Schenkel die erforderliche Länge: so können wir leicht weiter darthun, daß ein Druck von 3, 4 Atmosphären die anfangs in *ab* befindliche Luft auf $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ ihres ursprünglichen Volumens zusammenpreßt. — Der Wichtigkeit wegen, die das in Rede stehende Gesetz hat, giebt es längst auch zweckmäßige Geräthschaften, mit deren Hülfe wir die Richtigkeit desselben für einen Druck beweisen, der geringer ist, als eine Atmosphäre. Uebrigens läßt sich das Mariotte'sche Gesetz mit Rücksicht auf ein anderes, schon früher erörtertes, welches sich über das Volumen und die Dichtigkeit der Körper verbreitet, auch so aussprechen: »die Dichtigkeit der Luft, überhaupt jeder elastischen Flüssigkeit, ist demjenigen Drukke proportional, welchen sie auszuhalten hat.«

Wer das Mariotte'sche Gesetz anzuwenden versteht, besitzt in dem Barometer zugleich ein Instrument, vermittels dessen er Thürme, Berge und andere Höhen messen kann. Wie wichtig erscheint es nicht auch in dieser Beziehung! Dem Geschäfte der barometrischen Höhenmessung liegen hauptsächlich folgende Regeln zu Grunde: »Miß erstens die Quecksilbersäule an den beiden Oertern, deren Höhen-Differenz du erfahren willst, sehr genau, und sorge auch dafür, daß das Geschäft an beiden Oertern in demselben Zeittheilchen vollzogen wird! Führe zweitens die beobachteten Quecksilberhöhen auf die Temperatur des schmilzenden Eises zurück (warum Dies nothwendig ist, wird in dem Abschnitte über die Wärme gelehrt werden)! Erforsche drittens, wie hoch sich jeder der beiden gegebenen Standpunkte über einem dritten Orte befindet, an dem die Quecksilbersäule 28 Zoll Höhe hat (nur das Gesetz über die Abnahme der Dichtigkeit der Luft verhilft dir dazu)! Nimm endlich viertens von den Wärmegraden, die du an beiden Standpunkten in der freien Luft beobachtet hast, das Mittel, und lege der vorigen Höhen-Differenz so viel 213tel zu, als die gefundene Mittelwärme Réaumur'sche Grade über Null zählt!« Stets läßt sich der Höhenunterschied zwei von einander weit entfernter Oerter am sichersten bestimmen, wenn man für jeden derselben den mittlern Barometerstand kennt. — Das Barometer giebt uns endlich Aufschluß

3. über die bedeutende, höchst überraschende Größe des Luftdrucks auf gewisse Flächen und Körper. — Die Luft hält bekannter Maßen einer Quecksilbersäule von 28 Zoll Höhe das Gleichgewicht. Gesetzt nun, es besäße jene Säule 1 Quadratzoll Durchschnitts-Fläche, so trüge sie 28 Kubikzoll Quecksilber oder beinahe 15 Pfund. Hierdurch läßt sich der Luftdruck auf jede andere Fläche leicht und sicher berechnen. Wollt ihr z. B. wissen, mit welcher Kraft er auf 1 Quadratfuß wirkt; so dürft ihr nur jene 15 Pfund mit 144 multipliciren, d. h. mit derjenigen Zahl, die euch sagt, wieviel Quadratzoll in 1 Quadratfuße enthalten sind. 15 Pfund, 144 Mal genommen, geben aber 2160 Pfund oder beinahe 20 Centner. Die Größe dieses Drucks fand man früher unglaublich, und selbst noch heutigen Tages zweifeln Viele an ihr. Besonders klingt es mährchenhaft, daß der menschliche Körper,

dessen Oberfläche im ausgewachsenen Zustande zu 14 bis 15 Quadratfuß angeschlagen werden kann, einen Druck von etwa 300 Zentnern erleiden soll, von dem wir doch so lange, als in der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht besteht, nicht das Geringste empfinden. Was werdet ihr erst zu folgender Erscheinung sagen! Wie bekannt, giebt es Fische, die sich beständig in sehr bedeutenden Tiefen aufhalten; manche derselben, z. B. die Schollen und die Rochen, leben wenigstens 2 bis 3 Tausend Fuß unter der Oberfläche des Meeres. Auf diesen Thieren lastet mithin das Gewicht einer Wassersäule von 2 bis 3 Tausend Fuß Höhe, die, oberflächlich berechnet, 70 bis 80 Mal so schwer ist, als das Gewicht der Atmosphäre. Und doch bewegt sich selbst ein solcher Fisch leicht und gewandt in seinem Elemente umher. Erwäget ihr, daß die besprochenen Thiere innen mit Flüssigkeiten erfüllt sind, die besonders vermöge ihrer Undurchdringlichkeit dem Drukke des Wassers den nöthigen Widerstand leisten; so seht ihr wol auch ein, daß die Fische, indem in jener Erscheinung alles Wunderbare verschwindet, von dem bezeichneten Drukke nicht mehr leiden können, als die dünnsten Häutchen, welche mit ihnen in eine gleiche Tiefe hinabgelassen werden. Etwas Aehnliches findet bei uns Statt, die wir die Schwere der atmosphärischen Luft zu tragen haben. Zwar kann diejenige Luft, die unser Inneres bewohnt, dem Drukke der ganzen Atmosphäre das Gleichgewicht allein nicht halten; wol aber vermag sie Dies mit Hülfe ihrer Expansiv-Kraft. Beachtet hierbei doch auch die Einrichtung des menschlichen Leibes! Werden etwa nicht die Säfte desselben mit großer Gewalt von innen nach außen getrieben? und dringt denn ferner nicht beständig ein Theil derselben durch die feinen Poren der Haut? Ist es mithin nicht ein hoher Beweis von der Weisheit des Schöpfers, daß sie, durch jenen Druck zurückgehalten, verhindert werden, auf ein Mal in zu großer Menge zu entweichen? Nicht das Dasein, wol aber die Hinwegnahme des Luftdrucks würde uns in einen furchtbar schmerzlichen Zustand versetzen. Reisende, die hohe Berge erstiegen hatten, fühlten dort bei der geringsten Anstrengung eine ganz eigenthümliche Ermattung; schon nach wenigen Schritten sahen sie sich genöthigt, einige Sekunden lang auszuruhen; ja es drang ihnen aus den Lippen und dem Zahnfleische, worüber sie am meisten erstaunten, Blut hervor. Dies erfuhr unter andern Herr von Humboldt zu wiederholten Malen auf dem Chimborasso und andern hohen Bergen Amerika's. Daß der Druck der atmosphärischen Luft die Bewegungen unserer Glieder nicht erschwert, ist eine Folge zum Theil von ihrer äußerst geringen Masse, zum Theil von der kaum bemerkbaren Cohäsion aller Theile derselben.

§. 4.

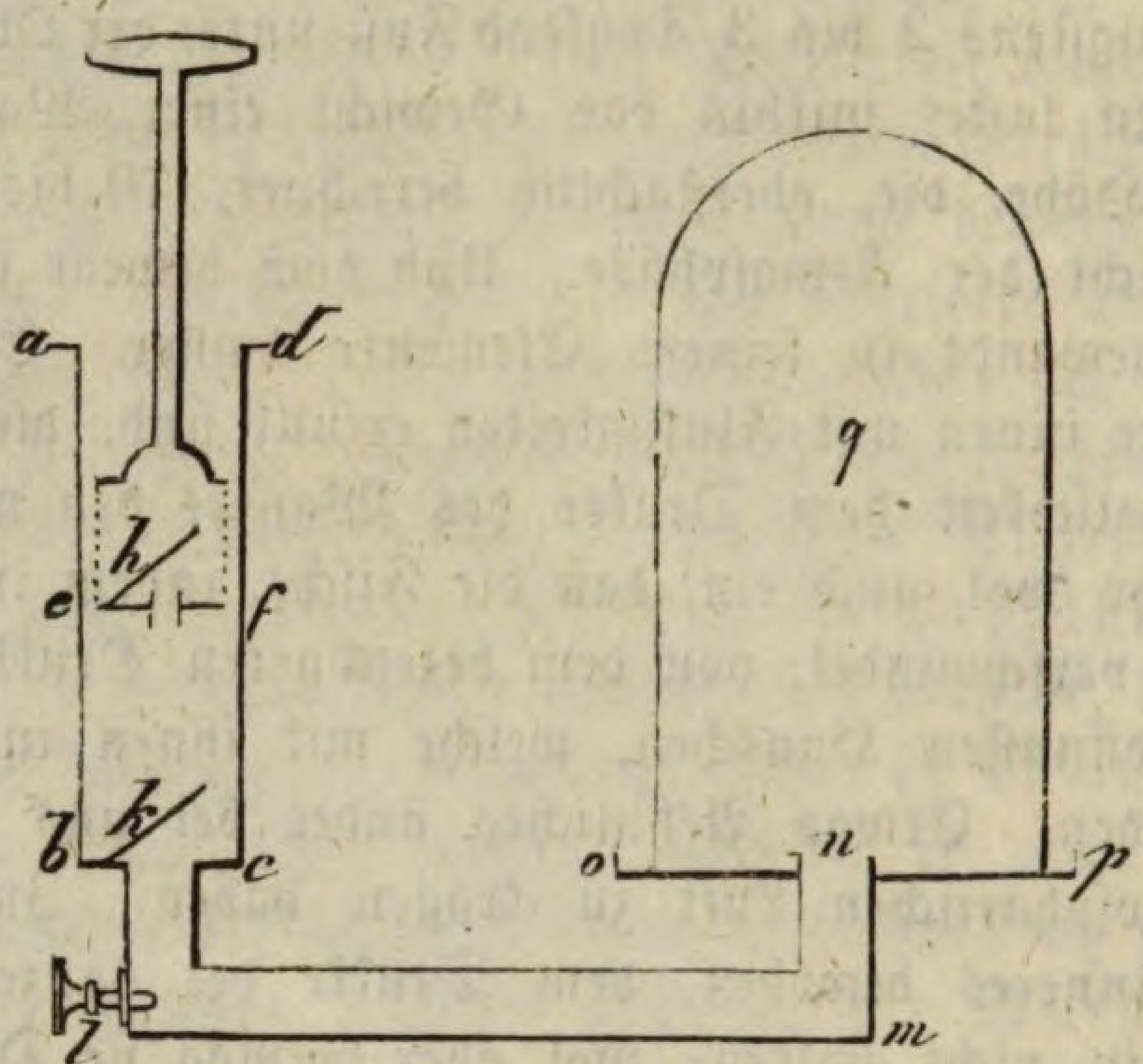
Die Luftpumpe.

Hier steht das schöne Instrument. Den Ehrenmann, durch dessen Scharfsinn es erfunden worden ist, nennen wir mit Stolz den unsern; Otto's von Guerike, des berühmten Bürgermeisters zu Magdeburg, Namen wird ewig glänzen in den Jahrbüchern der Geschichte. Nicht nur die Luftpumpe, sondern auch die Elektrisir-Maschine rief der große Denker und Zeitgenosse

Toricelli's ins Dasein. Eine Luftpumpe der Art, wie sie die Mechaniker noch immer häufig einrichten, seht ihr hier vor euch.

Der metallene Cylinder, den ich in dem Bilde (Fig. 82.) mit *abcd* bezeichnet habe, ist der erste nothwendige Theil einer Luftpumpe, führt den

Fig. 82.



Namen Stiefel, und muß, soll er anders seiner Bestimmung entsprechen, mit der größten Sorgfalt ausgehöhlt sein. Für den zweiten Haupttheil gilt der Stempel. Derselbe ist in seiner Mitte durchbohrt, berührt die Innenwand des Stiefels überall luftdicht und kann vermittels eines Griffes auf und nieder bewegt werden. Nicht minder wesentlich, als der Stiefel und der Stempel, sind drittens 2 kleine, gewöhnlich aus luftdichtem Wachstaffet bereitete, nach oben hin sich öffnende Klappen (wir nennen sie Ventile), deren eine an der Basis des Stempels und deren andere auf dem Boden des Cylinders ihren Sitz hat. Zwei gerade Striche, *h* und *k*, deuten sie in der Zeichnung an. Die Röhre *klmn* gilt für das vierte nothwendige Stück einer Luftpumpe. Daß bei *n*, dem einen Ende derselben, ein metallner Teller, *op*, befestigt ist; daß ferner zwischen ihr und dem Stiefel die Klappe *k* die bei jeder Luftpumpe wesentliche Verbindung unterhält; daß uns weiter der Hahn oberhalb *l* ein Mittel darbietet, der äußern Luft den Eingang in die Röhre zu gestatten, oder zu verwehren: dies Alles könnt ihr zum Theil an der Figur, zum Theil an dem Instrumente selbst wahrnehmen. Die Bestimmung der glokkenartigen und aller übrigen Gefäße wird euch bei dem Gebrauche derselben am besten klar werden.

Der Recipient *q*, d. h. dasjenige Gefäß, welches luftleer gemacht werden soll, sei auf den Teller *op* gesetzt, das Loch *l* in der Verbindungsröhre *klmn* geschlossen und der Stempel *ef* bis auf die Basis des Stiefels niedergedrückt. Indem ich nun den Stempel emporziehe, bildet sich unter ihm scheinbar ein leerer Raum; die Luft, welche bis jetzt in der Glokke und in der

Verbindungsröhre eingeschlossen gewesen ist, öffnet, weil sie keinen Gegendruck mehr findet, das Ventil *k*, und es tritt, damit das gestörte Gleichgewicht wieder hergestellt werde, ein Theil derselben in den Stiefel. Eine natürliche Folge von dem Allen ist eine Verdünnung der eingeschlossenen Luftmenge. Gesetzt, der innere Raum des Stiefels wäre genau so groß, als der Raum unter dem Recipienten und der Verbindungsröhre zusammengenommen; »müßte dann nicht die Dichtigkeit der Luft, nachdem ich den Stempel in die Höhe gezogen hätte, auf die Hälfte herabgesunken sein?« — Ich drükke nun den Stempel zum zweiten Male nieder; »wie geht es wol hierbei der früher in den Pumpenstiefel getretenen Luft?« Unter den Recipienten *q* kann sie nicht zurück; es bleibt ihr daher kein anderer Ausweg übrig, als die Klappe *h* zu öffnen und durch die Stempelröhre zu entweichen. Sie sei dahin; ich aber hebe den Stempel aufs neue empor. »Und was erfolgt nun schon zum dritten Male?« — Um lästigen Wiederholungen vorzubeugen, bemerke ich, daß bei einem jedesmaligen Aufziehen des Stempels ein Theil Luft aus dem Recipienten in den Stiefel tritt; daß ferner diese, wann der Stempel niedergestoßen wird, vermittels der Stempelklappe wieder entweicht, und daß daher die zurückgebliebene Luftmenge an Verdünnung fortwährend gewinnt. — Ist es wol möglich, den Raum unter dem Recipienten vollkommen luftleer zu machen? und durch welches Mittel erfahren wir den Grad der erlangten Verdünnung?« Auch vermittels des besten Instruments kann die Luft nie gänzlich hinweggeschafft werden. Ist sie nämlich bereits so weit verdünnt, daß ihre Kraft nicht mehr ausreicht, das Ventil *k* in die Höhe zu treiben; so wird alles fernere Pumpen zu einer erfolglosen Mühe. Das beste Mittel, den Grad der Verdünnung kennen zu lernen, bis zu welchem die Luft unter dem Recipienten vorgeschritten ist, besteht in der sogenannten Barometerprobe. Setzet nur auf den Teller der Luftpumpe ein gewöhnliches Barometer, bedekket es mit einer hohen Glokke (in Ermangelung eines solchen Gefäßes könnt ihr auch ein ganz kurzes, nur wenige Zoll hohes Barometer, bei dem freilich das Quecksilber an die Wölbung des zugeschmolzenen Schenkels stark stößt, gebrauchen) und pumpet die unter ihr befindliche Luft so viel, wie möglich, hinweg! Der jedesmalige Stand des Quecksilbers macht euch mit dem Drukke, mithin auch mit der Dichtigkeit der zurückgebliebenen Luft bekannt. Trüge z. B. die atmosphärische Luft eine Quecksilbersäule von 336 Linien, hingegen die Luft unter dem Recipienten nur noch eine von 6 Linien Höhe; so stände die Dichtigkeit jener zur Dichtigkeit dieser in dem Verhältnisse 336 zu 6 oder 56 zu 1. Eine recht gute Luftpumpe muß nicht nur gestatten, daß das Quecksilber bis zu der äußerst geringen Höhe von 1 Linie herabsinkt, sondern darf auch jenen Grad der Verdünnung, wenn längst alles Pumpen aufgehört hat, nicht fahren lassen. Das Wiederemporsteigen des Quecksilbers ist stets ein sicheres Zeichen von dem schädlichen Eindringen der äußern Luft. Wo und wann ihr auch die Luftpumpe gebrauchen wollt; nie dürft ihr, damit die wässerigen Dünste entfernt werden, vergessen, unter den Recipienten ein Gefäß mit Schwefelsäure zu stellen.

Nicht jede Luftpumpe ist auf die oben beschriebene Weise eingerichtet. Die Figur 83 giebt euch zuvörderst ein Bild von einer sehr zweckmäßig construirten kleinen Hand-Luftpumpe. Bei ihr geht der Kanal zwischen dem Stiefel und

dem Recipienten, bevor er die horizontale Lage *ab* annimmt, vertikal hinab; bei *d* ferner ist ein Hahn, vermittels dessen wir ihn, wann wir experimentiren, bald von der atmosphärischen Luft absperren, bald wieder mit derselben verbinden; *a* endlich bezeichnet den Standort des Recipienten, und *f* eine Schraube, durch die wir das Instrument auf ein Brett oder einen Tisch befestigen. Der Hahn *s* kann durch ein Ventil leicht entbehrlich gemacht werden. Die Figur 84 veranschaulicht euch weiter, wie bei einer solchen Luftpumpe eine ungefähr 30 Zoll lange Glasröhre mit dem Stiefel verbunden, oben umgebogen und unten in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht ist; erwäget nun aber auch, daß das Quecksilber, wenn wir den Hahn öffnen, in die Röhre um so höher tritt, je mehr wir in der Verdünnung der Luft vorgeschritten sind! Das horizontale Glasrohr, welches sich zwischen der Luftpumpe und einem kurzen Kanale unterhalb des Recipienten befindet, hat an jedem Ende, um mit den beiden ge-

Fig. 83.

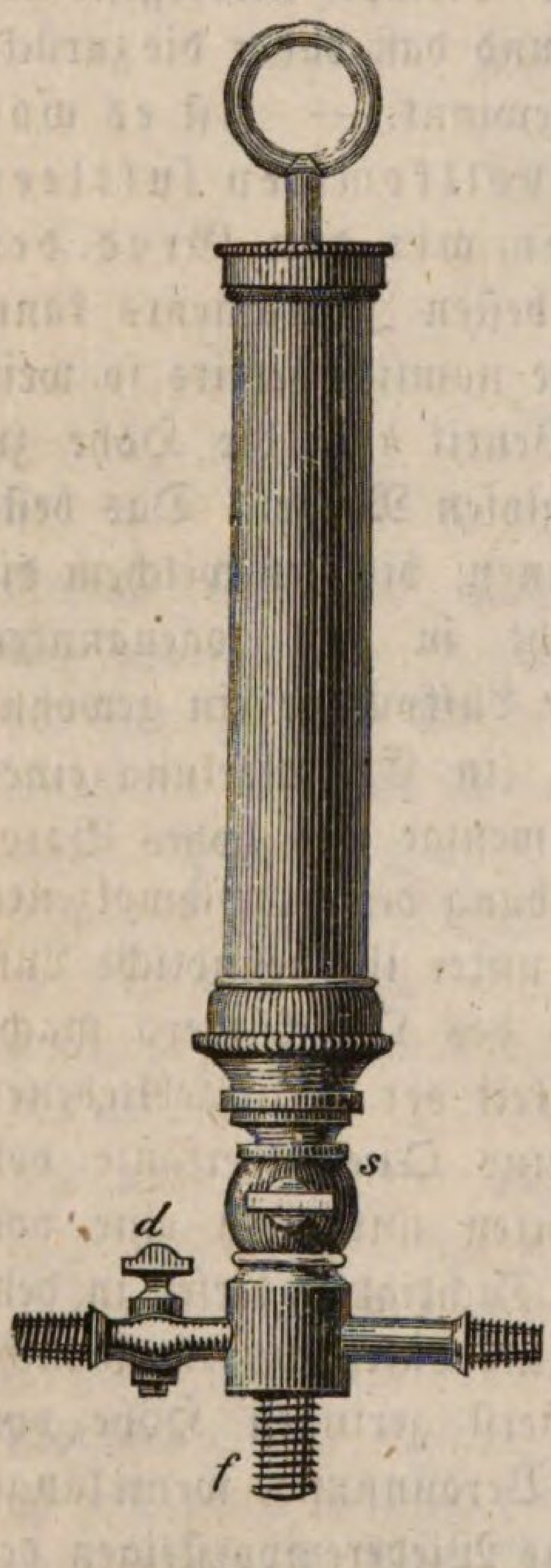
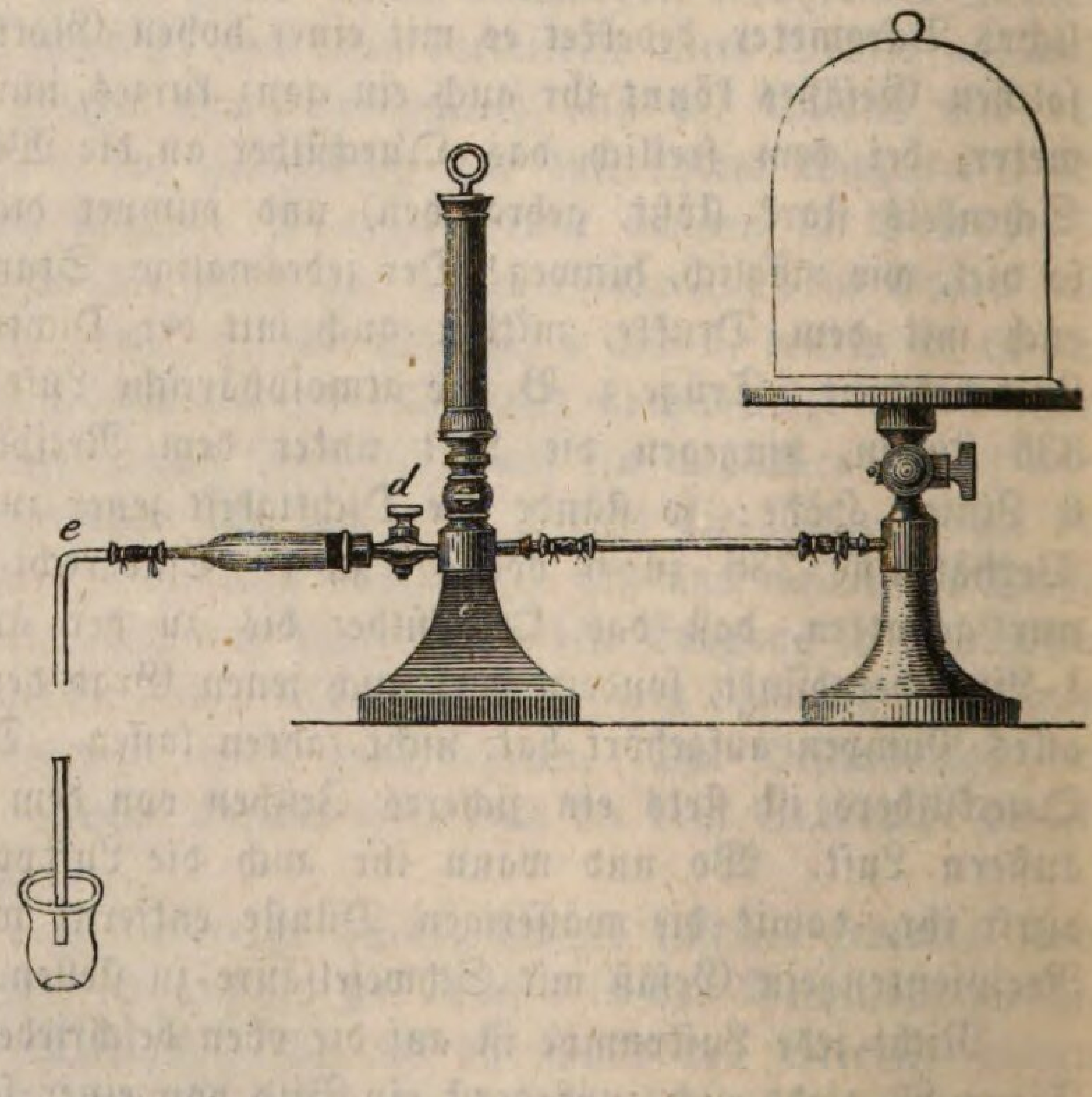


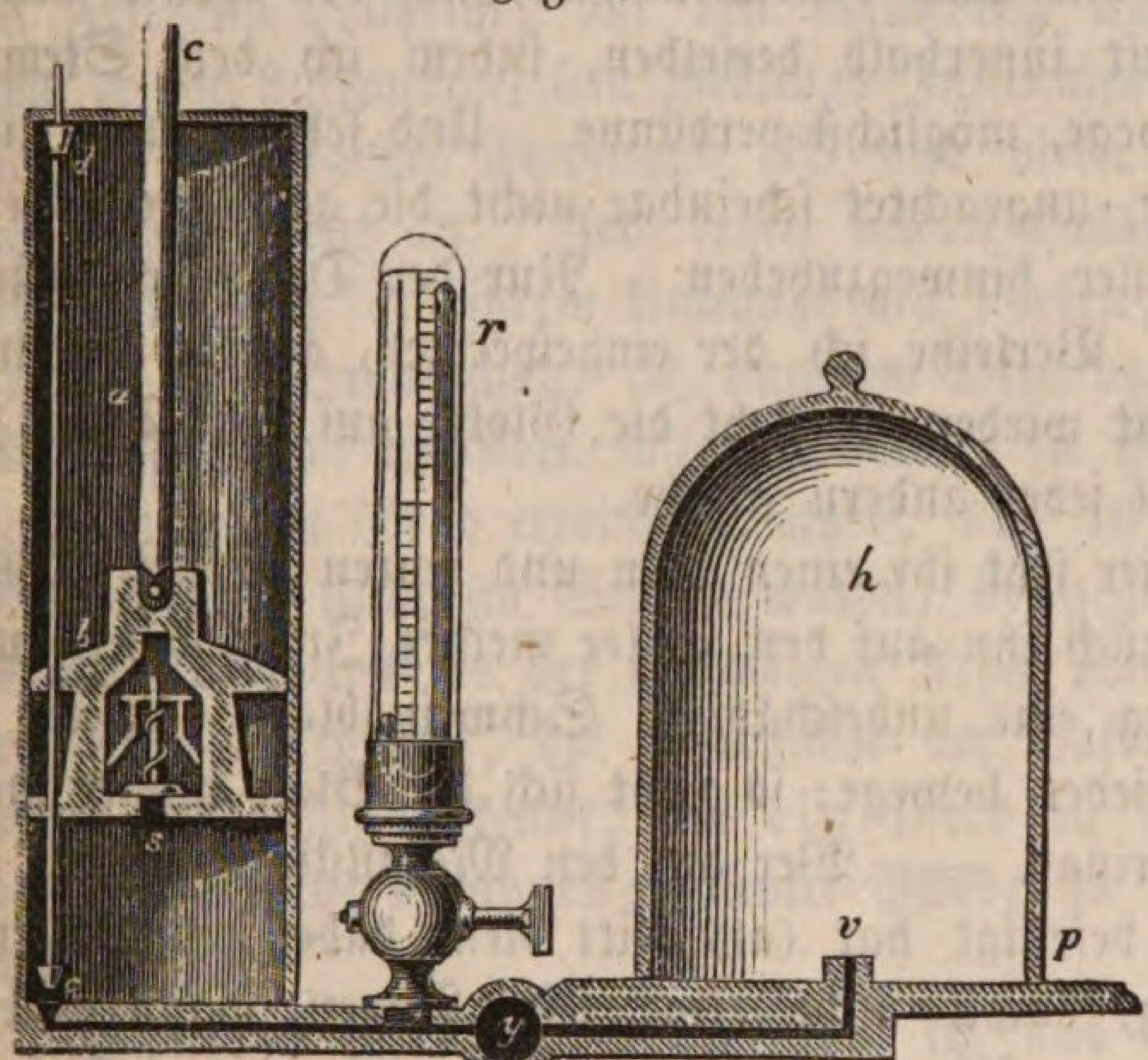
Fig. 84.



nannten Theilen des Apparats in die nöthige Verbindung zu kommen, ein Röhrchen von Kautschuck. Obgleich weder für große Recipienten, noch für eine schnelle, vollständige Entleerung geeignet, verdienen diese kleinen Hand-Luftpumpen doch immer, weil sie uns zu vielen Experimenten Gelegenheit darbieten, einer ganz besondern Beachtung.

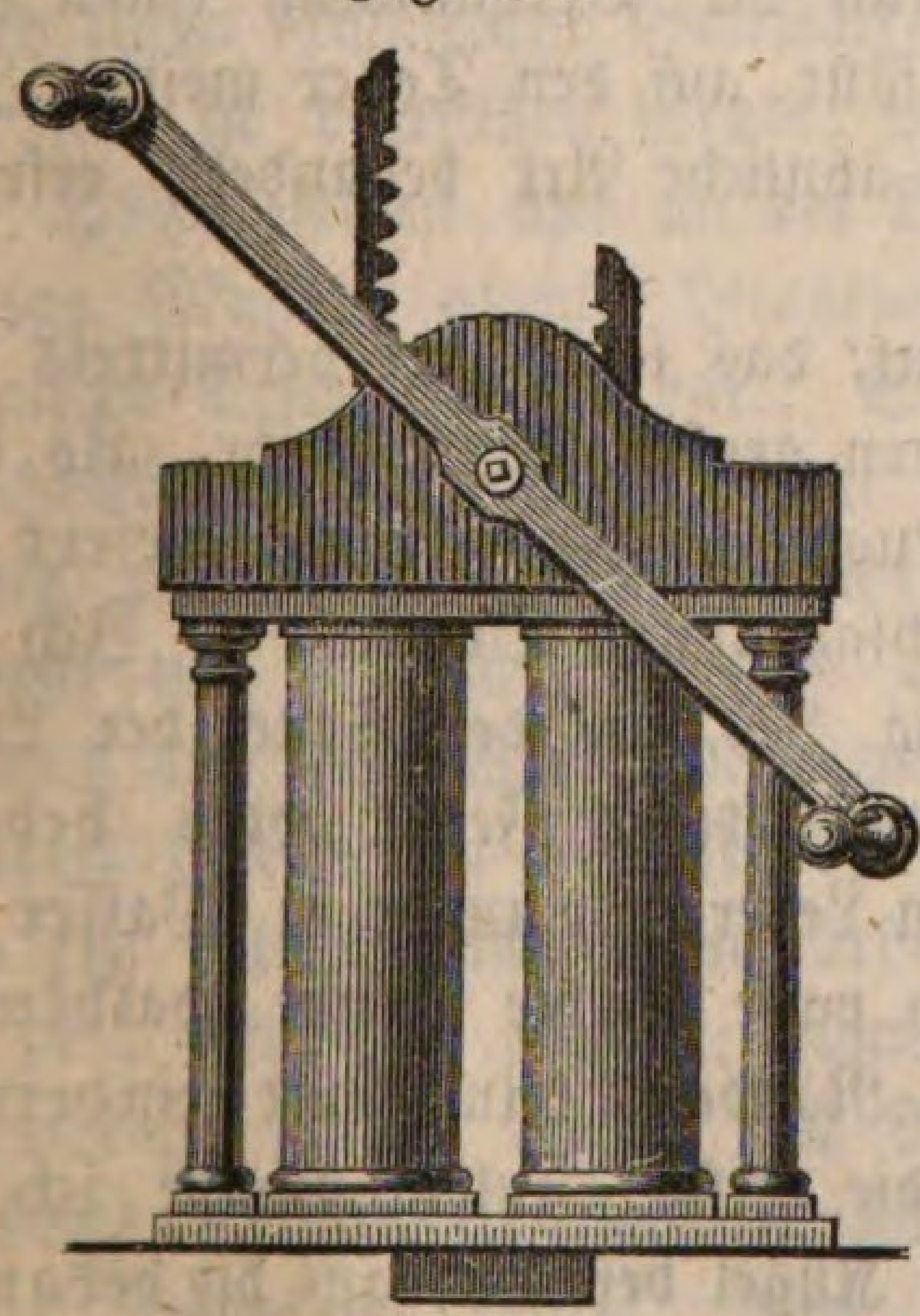
Bei der Luftpumpe, die ihr in Fig. 85. erblickt, bildet die Stange *de* das Ventil an der Basis des Stiefels. Kaum haben wir hier angefangen, den Kolben *b* in die Höhe zu ziehen; so stößt auch schon der Absatz *d* an die obere Platte des Cylinders, und nöthigt dadurch *b*, sich längs der ganzen Stange hin mit einiger Reibung zu bewegen: kaum ist ferner unsere Thätigkeit dahin gerichtet worden, den Kolben wieder abwärts steigen zu lassen; so geht auch schon der abgestumpfte Kegel *e* in die nahe unter ihm befindliche, für ihn äußerst genau passende Oeffnung, und zwar so weit, daß seine obere Fläche mit dem Boden des Stiefels in eine Ebene zusammenfällt. Das Ventil *s*, der Kanal von *e* bis *v*, der doppelt durchbohrte Hahn *y* u. s. w. bedürfen keiner Erörterung. Etwas anders steht es mit der Barometerprobe. Wir gebrauchen nämlich bei ihr ein abgekürztes, höchstens 7 Zoll langes Barometer, das wir in eine enge Glokke, *r*, einschließen und durch diese mit dem Kanal der Maschine verbinden.

Fig. 85.



Die Differenz zwischen den Höhen der beiden Quecksilberkuppen bestimmt den Verdünnungsgrad der Luft im Recipienten. Uebrigens vergesse man nicht, stets, wenn man unter jene enge Glokke wieder Luft schafft, recht vorsichtig zu sein; denn das Quecksilber könnte sonst an das obere Ende des zugeschmolzenen Schenkels zu stark schlagen und das Barometer unbrauchbar machen. Noch gedenke ich einer dritten Luftpumpe; wir nennen sie, weil bei ihr **zwei** messingne Cylinder vorhanden sind, die **zweistiefelige**. Die Figur 86. veranschaulicht sie euch. Die beiden Kolbenstangen greifen vermittels ihrer Zähne in dasselbe Getriebe ein. Während der Stempel des **einen** Cylinders in die Höhe steigt, geht der Stempel des andern

Fig. 86.



abwärts, oder es ist genau in derselben Zeit, da bei dem ersten Stiefel die Luft durch die Stempelklappe entweicht, der zweite Stiefel zu einer Verdünnung thätig.

Vermittels der Luftpumpe lassen sich eben so belehrende, als interessante Experimente anstellen. Bald ist es der Druck, bald die Ausdehnsamkeit der Luft, bald irgend etwas Anderes, zu dem meine Versuche den schlagendsten Beweis liefern.

Erster Versuch. Ich thue jetzt nichts weiter, als daß ich diese Glokke, nachdem ich ihren Rand etwas mit Talg bestrichen habe, auf den Teller meines Instruments setze, und die Luft innerhalb derselben, indem ich den Stempel wechselweise auf und nieder bewege, möglichst verdünne. Und sehet! auch nicht Einer besitzt so viel Kraft, sie, ungeachtet scheinbar nicht die geringste Befestigung stattfindet, von dem Teller hinwegzuheben. Nur der Druck der äußern Luft macht sie so unbeweglich. Verleihe ich der eingesperrten, äußerst verdünnten Luft ihre vorige Dichtigkeit wieder; so steht die Glokke auf dem Teller der Luftpumpe eben so lose, wie auf jeder andern Fläche.

Zweiter Versuch. Hier seht ihr einen oben und unten offenen Cylinder von Metall. Ich bringe auch ihn auf den Teller meines Instruments und binde auf seine obere Oeffnung eine unbeschädigte Schweinsblase. Wenn ich nun den Stempel auf und nieder bewege; so zieht sich die Blase immer mehr nach unten, bis sie zuletzt zerspringt. — Wer auf den Metallstiefel anstatt der Blase eine dünne Glasplatte befestigt hat (als Kitt dient dabei geschmolzenes Wachs), sei ja recht vorsichtig, damit nicht etwa seine Augen, wann dieselbe kraft des bedeutenden Drucks der Atmosphäre in Stükke zerspringt, beschädigt werden.

Dritter Versuch. Wie jener Metall-, ist auch dieser Glas-Cylinder weder oben, noch unten verschlossen. Außer ihm bedarf ich zu meinem neuen Experimente nur noch eines hölzernen, mit Wasser angefüllten, auf die obere Oeffnung genau passenden Gefäßes. Letzteres sei auf den Teller des Verdünnungs-Apparats befestigt. Je mehr Luft ich nun unter ihm hinwegnehme, desto wirksamer zeigt sich der Druck der Atmosphäre; ja das Wasser sucht sich zuletzt in den Poren des Holzes, wann nämlich die Verdünnung einen sehr hohen Grad erreicht hat, einen Ausweg und fällt auf den Teller meines Instrumentes tropfenweise herab. Quecksilber, auf ähnliche Art behandelt, erfreut uns mit einem feinen Silberregen —

Vierter Versuch. Wol kein Experiment, das ich bisher vermittels der Luftpumpe angestellt habe, überrascht durch seinen großen Effekt mehr, als das bekannte vermittels der magdeburgischen Halbkugeln. Noch immer liefert es für die gewaltige Kraft der Atmosphäre den schlagendsten Beweis. — Ich befestige nun die eine metallene Halbkugel, *a* (Fig. 87), auf den Teller der Luftpumpe; hierauf bestreiche ich ihren Rand mit etwas Fett, oder bedekke ihn mit einem Streifen Leder, der zuvor in Wasser getaucht worden ist; dann passe ich die zweite Halbkugel, *b*, damit zwischen den Rändern keine Luft eindringe, möglichst genau auf die erste; zuletzt pumpe ich die Luft, welche sich in der Kugel befindet, auf die bekannte Weise aus. Angelangt bei den höchsten Graden der Ver-

Fig. 87.



dünnung, verschließe ich mittels des Hahns *c* das Innere des Recipienten und schraube ihn von dem Teller der Luftpumpe wieder ab. Was auch nicht Einer erwartet hat, erfolgt. So lange die eingesperrte Luft mit der Atmosphäre eine gleiche Dichtigkeit besaß, fielen die Halbkugeln von selbst aus einander; allein jetzt, nachdem ihre Dichtigkeit vielleicht um das Dreihundertfache verringert worden ist, hängen sie so fest zusammen, daß es zu ihrer Trennung sehr ansehnlicher Kräfte bedarf. Mit der Größe der Kugel wächst offenbar auch die Größe des Luftdrucks. Als der berühmte Erfinder von seinem Herrn, dem großen Kurfürsten Friedrich Wilhelm, auf den Reichstag nach Regensburg geschickt wurde, nahm er die Luftpumpe, sein Lieblings-Instrument, mit, und stellte dort in Gegenwart des Kaisers Ferdinand III. und vieler Reichsfürsten vorzugsweise dies schöne Experiment an. Jede seiner beiden Halbkugeln hatte eine Elle Durchmesser und war an ihrem Umfange mit starken, eisernen Ringen begabt. Erstaunten die Herren schon, sie, nachdem Otto von Guerike die Luft ausgepumpt hatte, nicht von einander fallen zu sehen; so mußte ihre Verwunderung einen ungemein hohen Grad erreichen, als 8, 12, 16, ja 20 Pferde, an die eisernen Ringe gelegt, nicht im Stande waren, sie gegenseitig zu trennen. Zu dieser Losreißung bedurfte es der gewaltigen Kraft von 24 bis 30 Pferden. Wer die Größe des Luftdrucks, die Oberfläche der Halbkugeln, und auch ungefähr die Anzahl der Pfunde kennt, die ein Pferd in gerader Richtung zu ziehen vermag, kann leicht berechnen, wieviel Pferde zu der beabsichtigten Trennung erforderlich sind.

Fünfter Versuch. Nachdem ich aus dieser Blase fast alle Luft entfernt und sie oben fest zugebunden habe, lege ich sie unter den Recipienten, und beachte die Veränderung, welche sie während des Auspumpens erleidet. Sie schwillt auf, und zwar um so mehr, je weiter die Verdünnung vorgeschritten ist. »Welche Eigenschaft der Luft wird wol durch dieses Experiment anschaulich gemacht?«

Sechster Versuch. Hier lege ich in ein Gefäß voll Wasser einige Geldstükke und setze hierauf dasselbe unter die Glokke. Kaum habe ich abermals angefangen, die Luft unter dem Recipienten zu verdünnen; so seht ihr auch schon sämmtliche Geldstükke mit einer großen Menge Luftbläschen übersät, die sich in demselben Grade, wie das Auspumpen fortgesetzt wird, losreißen, in die Höhe steigen und an der Oberfläche des Wassers zerplatzen. Sand, staubartige Massen, allerlei Glastheilchen u. s. w. bieten uns, ganz so behandelt, ähnliche Erscheinungen dar. Selbst aus dem Wasser entweichen Bläschen der beschriebenen Art. Merket! die Luft ist für uns so lange, als sie mit dem Wasser innig verbunden bleibt, unsichtbar, kann aber von dieser tropfbaren Flüssigkeit, indem wir sie nur von dem Drukke der Atmosphäre zu befreien brauchen, getrennt und zum Vorschein gebracht werden. Diesen Umstand haben die Fabrikanten bereits bei dem Färben der Tuche zu benutzen gesucht. Legen sie nämlich ein Stück Tuch in die färbende Flüssigkeit, und bringen es, so untergetaucht, in den luftleeren Raum; dann entweicht fast alle in ihm enthaltene Luft, und es dringt später, wann von Neuem in jenen Raum Luft gelassen wird, die färbende Flüssigkeit auch in solche Poren, wohin sie ohne diesen Versuch gewiß nicht gekommen wäre. Bier, auf die nämliche Weise der Luft beraubt, wird schon nach wenigen Sekunden schal.

Siebenter Versuch. Das Wasser in diesem Glase besitzt höchstens 30 Grad Wärme nach Réaumur. Ich setze es nun unter den Recipienten der Luftpumpe. Auffallend genug, fängt es schon nach einigen Kolbenzügen, ungeachtet doch seine Temperatur weit unter dem eigentlichen Siedepunkte steht, zu kochen an. Möge dieser Versuch euch vorläufig lehren (später werdet ihr hierüber mehr hören), daß der Siedepunkt an unsern Wärmemessern keinesweges so unveränderlich ist, wie noch Mancher wähnt; er hängt vielmehr von dem verschiedenen Luftdrukke ab.

Achter Versuch. Wie durch das Vorhandensein der Luft unser und auch fast aller Thiere Leben bedingt ist, soll euch jetzt nach einander eine Maus und ein Sperling zeigen. Der kleine Sänger spazire zuerst unter den furchtbaren Raum des Recipienten. Ach, wie schwer athmet er (es hat nämlich das Geschäft der Luftverdünnung bereits seinen Anfang genommen); wie ängstlich schnappt er bald auf dieser, bald auf jener Seite nach Luft! Endlich fällt er, fast aller Luft beraubt, auf den Boden und stirbt. Auch die Maus ermattet schon nach einigen Kolbenzügen und wird in Kurzem aus derselben Ursache eine Beute des Todes. Nächst dem Mangel an Luft trifft die geplagten Thiere noch ein anderes Uebel. Sämmtliche luftförmige Stoffe nämlich, die in ihrem Körper eingeschlossen sind, und deren Expansiv-Kraft durch den Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht gehalten wird, dehnen sich, sobald ihnen dieser Druck nicht mehr entgegensteht, bedeutend aus, und zerreißen allmälig jedes Gefäß, das ihnen zu ihrem ursprünglichen Wohnplatzė angewiesen war. Nur einige Insektenarten leben selbst in der vollkommensten Luftleere fort.

Neunter Versuch. Bevor ich weiter experimentire, betrachtet an dieser etwa 3 Fuß langen Glasröhre besonders die kleine Vorrichtung an dem obern Ende derselben, mittels deren verschiedene kleine Körper befestigt und plötzlich wieder frei gelassen werden können! Nun erst bringe ich zwischen die drei messingnen Streifen an dem obern Theile eine Flaumfeder und ein dünnes Blättchen Blei, setze die lange Röhre auf den Teller der Luftpumpe, und bemühe mich, ihren Raum möglichst leer zu machen. Dann drükke ich auf jene Vorrichtung, und es fallen die Flaumfeder und das Bleiplättchen, ungeachtet ihre spezifische Schwere kaum verschiedener sein kann, auf den Boden mit fast gleicher Geschwindigkeit hinab. So giebt uns denn die Luftpumpe auch ein Mittel an die Hand, die Gleichheit der Fallgeschwindigkeit im leeren Raume anschaulich nachzuweisen.

Zehnter Versuch. Endlich schraube ich diese große, mit einem Hahne versehene gläserne Hohlkugel auf den Teller meines Instruments, verdünne die in ihr befindliche Luft, und erforsche mittels einer sehr genauen Wage ihr Gewicht. Hierauf öffne ich, ohne sie von der Schale hinweggenommen zu haben, den Hahn, gestatte also der äußern Luft, aufs neue in ihren innern Raum zu treten. Der Erfolg hiervon ist, daß das Gewicht in der andern Schale zu steigen beginnt, und daß ich mich daher, wenn anders der Balken seine horizontale Lage wieder annehmen soll, genöthigt sehe, in jene Schale einige Drachmen, ja selbst Unzen, nachzulegen. »Giebt es für die Schwere der Luft wol noch einen schönern Beweis?« Vorausgesetzt, daß ich nicht nur den innern Raum der Kugel, sondern auch den Grad der Verdünnung genau ausgemittelt habe, finde ich zuletzt noch durch Rechnung, wieviel 1 Kubikzoll, 1 Kubikfuß u. s. w.

atmosphärische Luft wiegt. — Statt der mit einem Hahne versehenen Hohlkugel können wir eine einfachere Vorrichtung anwenden, welche noch überdies den Vortheil gewährt, bei sonst gleichem Volumen weniger, als die erörterte, zu wiegen. Die beiden Figuren 88 und 89 veranschaulichen sie. Die Figur 88 stellt einen gläsernen Ballon dar, welcher einen geraden Hals und keine zu dicken Wände besitzt; der Kork ferner, der seine Oeffnung luftdicht verschließt, ist in der Mitte durchbohrt und mit einem Stück Wachstaffet überzogen. Von einer Verbindung des innern Raumes mit der äußern Luft ist mithin keine Rede. Um den Ballon gewisser Maßen mit einer Klappe zu versehen, durch welche die Luft wol aus-, nicht aber auch eintreten kann, macht man in den Wachstaffet neben der Stelle, welche die Oeffnung des Korks bedeckt, zwei Einschnitte. Letztere bezeichnet sehr deutlich die 89ste Figur. Die Geschäfte bei dem Versuche selbst sind folgende: zuerst wäge man den mit Luft angefüllten Ballon; hierauf entleere man ihn unter dem Recipienten; zuletzt erforsche man, um wieviel er nun leichter geworden ist.

Fig. 88.

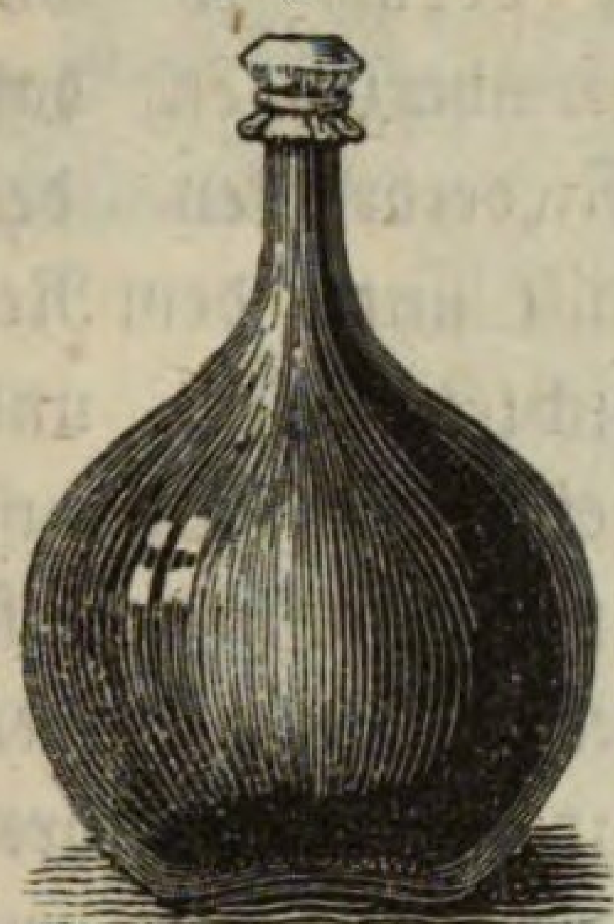
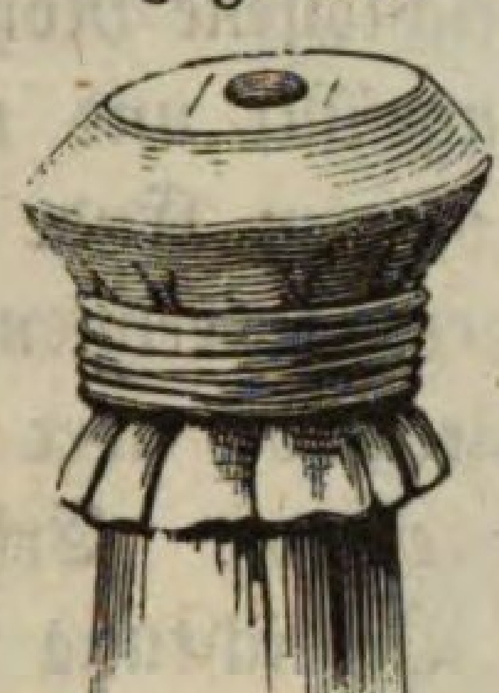


Fig. 89.

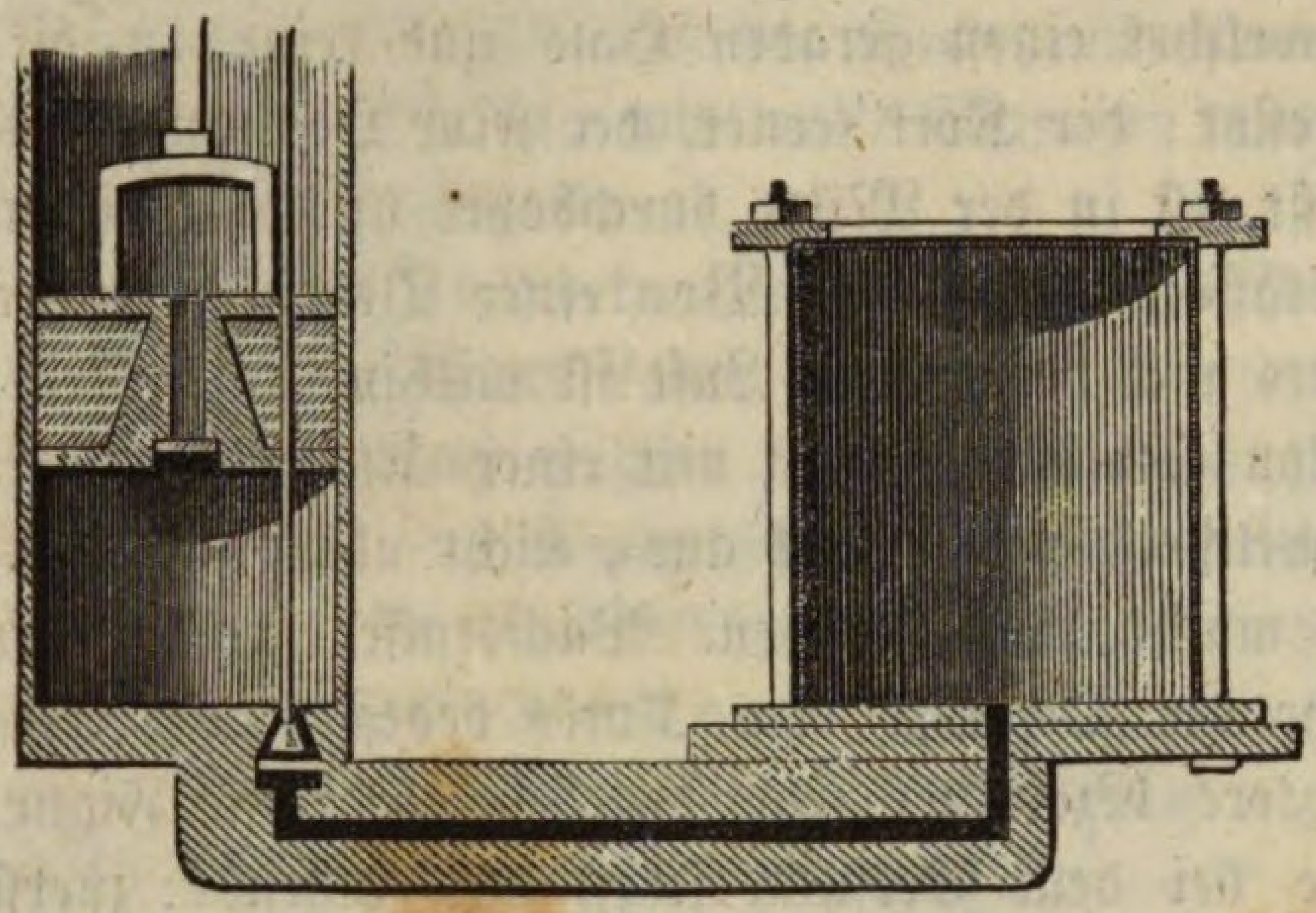


Außer diesen von mir angestellten Experimenten giebt es noch eine Menge anderer, die nicht minder belehrend und interessant sind. Ich deute euch wenigstens noch einige derselben an: 1. ein brennendes Licht verlischt, unter den Recipienten gebracht, sehr bald, und der Rauch fällt, anstatt daß er steigen sollte, zu Boden; — 2. jeder noch so runzelige Apfel wird im leeren Raume, vorausgesetzt, daß er keine Luftlöcher besitzt, bis zur schönsten Glätte ausgedehnt; — 3. ein Ei, das wir an der Stelle geöffnet haben, welche in Salzwasser am tiefsten liegt, giebt bei hinreichender Verdünnung der Luft seinen Inhalt in ein untergestelltes Gefäß, füllt sich aber sogleich, da äußere Luft hinzutritt, wieder an; — 4. keine Glokke läßt unter dem Recipienten, wann die Luft ausgepumpt worden ist, einen Ton hören; — 5. ein Klumpen Sauerteig schwillt unter derselben Voraussetzung bedeutend auf, und nimmt, sobald die Atmosphäre von Neuem auf ihn drückt, sein voriges Volumen wieder ein; — 6. kein Flintenschloß giebt, im leeren Raume abgedrückt, Funken; selbst das auf der Pfanne befindliche Pulver entzündet sich nicht u. s. w.

Wie es mit der Verdünnung der Luft steht, wißt ihr nun; noch aber habt ihr das Belehrende, was die Verdichtung derselben darbietet, nicht kennen gelernt. Leider lassen sich alle hierher gehörigen Versuche nur mit großer Mühe anstellen. Daß mit der Zunahme der Dichtigkeit die Gefahr, den Recipienten zu zersprengen, in hohem Grade wächst, geht genügend aus dem Drukke hervor, den die Luft, wenn das Gleichgewicht gestört worden ist, auf irgend eine Fläche ausübt. Bei einer zehnfachen Verdichtung beträgt ihre Kraft auf 1 Quadratzoll über 150 Pfund. Zur Veranschaulichung des Mechanismus eines Luftverdichtungs-Apparates diene die Figur 90 (s. folg. S.). Der Hauptunterschied zwischen einer Verdünnungs- und einer Verdichtungspumpe liegt in der Beschaffenheit der beiden Ventile. Dasjenige Ventil, welches den Verbindungs-

kanal begrenzt, ist so vorgerichtet, daß es Allem, was unter den Recipienten treten will, den Eingang gestattet, umgekehrt aber selbst der geringsten Luftmenge den Ausgang versperrt. Auch die Klappe im Kolben öffnet sich nach unten. Mehr bedarf es wol nicht, euch zu überzeugen, daß bei jedem Niederdrükken des Kolbens die Luft unter dem Recipienten verdichtet wird, und daß ferner bei jedem Hinaufziehen desselben die äußere Luft durch das obere Ventil in den Stiefel dringt. Den jedesmaligen Verdichtungsgrad erfahren wir am besten durch eine gerade, oben geschlossene Röhre, die mit Luft angefüllt und mit ihrem untern, offenen Ende in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht ist. Bei dem Beginn des Experimentes steht die Luft in der Röhre unter dem Druck einer Atmosphäre; wie aber die Verdichtung zunimmt, steigt das Quecksilber mehr und mehr empor. Erforschen wir nun 1. die Höhe der Quecksilbersäule und 2. die Verdichtung der Luft über derselben; so erhalten wir zugleich eine genaue Kenntniß des Verdichtungsgrades, den die Luft unter dem Recipienten angenommen hat. Um zu verhindern, daß die verdichtete Luft den Recipienten hebe, müssen wir den letztern auf den Teller vermittels einiger Schrauben befestigen. — Von den mancherlei Versuchen, die mit einer Verdichtungspumpe angestellt werden können, nenne ich euch nur folgende: 1. der Schall einer unter dem Recipienten befindlichen Glokke wird um so stärker, je mehr die Verdichtung wächst; 2. das Volumen einer Blase, die stark ausgedehnt und dann oben fest zugebunden worden ist, verringert sich; 3. ein empfindliches Thermometer zeigt, daß bei jedem neuen Stoße auch neue Wärme entsteht.

Fig. 90.



Schließlich gedenke ich in einigen Worten der höchst sinnreichen Anwendung des Luftdrukkes auf die sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen. Wer sich von denselben eine recht klare Vorstellung verschaffen will, rufe hauptsächlich dreierlei vor seine Seele: 1. wie zwischen den Schienen der Bahn, und zwar in der Mitte derselben ihrer ganzen Länge nach, eine Röhre hinläuft, die aus Gußeisen verfertigt, ungefähr anderthalb Fuß dick, und innen, damit dort die Unebenheiten ausgeglichen werden, mit Talg oder Wachs überzogen ist; wie 2. in ihr, deren einzelne Stükke, beiläufig bemerkt, 8 bis 9 Fuß lang sind (sie erscheint natürlich vielfach zusammengesetzt) ein Kolben luftdicht anschließt; und wie endlich 3. letzterer, wann die Luft, auf der einen Seite ausgepumpt wird, durch den Druck der Atmosphäre auf der andern vorwärts geht, und sämmtliche Wagen, die mit ihm in Verbindung stehen, nach sich zieht. Das schöne Bild (s. folg. S.) zeigt euch weiter die Beschaffenheit des Kolbens, wie derselbe namentlich durch einen Arm, *d*, mit dem ersten Wagen zusammenhängt. Jener Arm erfordert, daß die Treibröhre oben einen Schlitz hat,


Fig. 91.

durch den er hervortreten kann, und daß diese Oeffnung, damit der luftdichte Anschluß des Kolbens ununterbrochen fortdauere, mit Lederklappen versehen ist. Das Oeffnen und das Verschließen des Schlitzes erfolgt auf eine merkwürdige Weise. Denket euch, wie zwischen 2 eisernen Schienen, *f*, die nebst einer Stange an dem eigentlichen Kolben sitzen, 4 Rollen und der Verbindungsarm *d* angebracht sind; wie ferner die erste Rolle die Klappe nur etwas, die zweite aber genügend, d. h. so weit hebt, daß nun der Arm *d* durch die Oeffnung treten kann; wie sich endlich die Klappe, nachdem *d* sie passirt hat, um den Schlitz wieder völlig zu bedekken, auf die dritte, dann auf die vierte Rolle senkt. Das Auspumpen der Luft wird durch eine stehende Dampfmaschine bewirkt.

Bis jetzt sind atmosphärische Eisenbahnen nur auf kürzern Strekken ausgeführt worden; die größere Sicherheit einer=, und die Möglichkeit, weit bedeutendere Steigungen zu überwinden, andererseits machen es aber wünschenswerth, sie auch bei ansehnlichern Entfernungen in Anwendung zu bringen.

§. 4.

Einige andere, die Eigenschaften der Luft anschaulich darstellende Instrumente.

a. Der Stechheber.

Das erste Instrument, welches ich euch heute vorzeige, besteht aus Glas (es könnte auch aus irgend einem andern Stoffe bereitet sein), ist in der Mitte bauchig, läuft an beiden Enden in eine dünne, offene Röhre aus, und dient theils dazu, irgend eine tropfbare Flüssigkeit aus dem einen Gefäß in ein anderes zu schaffen, theils um zu zeigen, daß die Luft einen bedeutenden Druck ausüben kann. Sein Name ist Stechheber. Ich tauche es nun in Wasser, verschließe dann vermittels meines Daumens, während es noch in dieser Flüssigkeit steht, seine obere Oeffnung und bringe es endlich wieder über das Wasser empor. Und sehet! wenige Tropfen ausgenommen, bleibt die ganze Flüssigkeit, ungeachtet sie durch die untere Oeffnung entweichen könnte, in ihm hangen. Daß der Luftdruck die Ursache dieser Erscheinung ist, erleidet keinen Zweifel; denn das Wasser fängt in dem nämlichen Augenblicke, da ich den Verschluß des obern Endes aufhebe, zu laufen an, und steht, wann ich ihn von Neuem eintreten lasse, eben so schnell wieder still. Das Ausfließen jener Tropfen ist eine Wirkung derjenigen Luft, welche der obere, nicht mit Wasser angefüllte Raum des Stechhebers enthält, und die zu Anfange noch ganz so stark drückt, wie die äußere Luft.

b. Der Zaubertrichter.

Bevor ich diesen Trichter untersuchen lasse, will ich denn doch die schönen Experimente machen, zu denen er mir Gelegenheit darbietet. Ich tauche ihn daher sogleich in ein mit Wasser begabtes Gefäß. Daß er dadurch mit der genannten Flüssigkeit angefüllt, und auch von derselben, wann ich ihn nämlich emporhebe, bis auf den letzten Tropfen scheinbar wieder befreit wird, ist nichts weniger, als eine auffallende Erscheinung; allein Das überrascht ungemein, daß er auch später noch bald mehr, bald weniger Wasser, überhaupt ganz so, wie ich es ihm befehle, ausfließen läßt. Ich tauche ihn sogleich noch ein Mal unter Wasser, und wünsche, daß er mich, nachdem ich diese Flüssigkeit nach voriger Weise entfernt habe, mit einer Gabe Wein erfreue. Und sehet! was ich gewünscht habe, geschieht. Nun erst prüfe Jeder die Einrichtung des Zauber-Instrumentes! Daß es aus 2 Trichtern besteht, die in einander geschoben sind und einen ziemlich beträchtlichen Raum zwischen sich lassen; daß sich ferner unter dem Griffe ein kleines Loch befindet, welches eben so, wie die Oeffnung an der Basis, die äußere Luft mit jenem innern Raume in Verbindung setzt, kann Keinem, der nicht allzu oberflächlich beobachtet hat, entgangen sein, und wol so Mancher ahnete dabei schon, wie sich die vermeintliche Zauberei in eine natürliche Er-

scheinung werde auflösen lassen. — Das Instrument heiße *abc* (Fig. 92); *c* bezeichne die Oeffnung am Fuße, *d* die andere unter dem Griffe desselben.

Fig. 92.

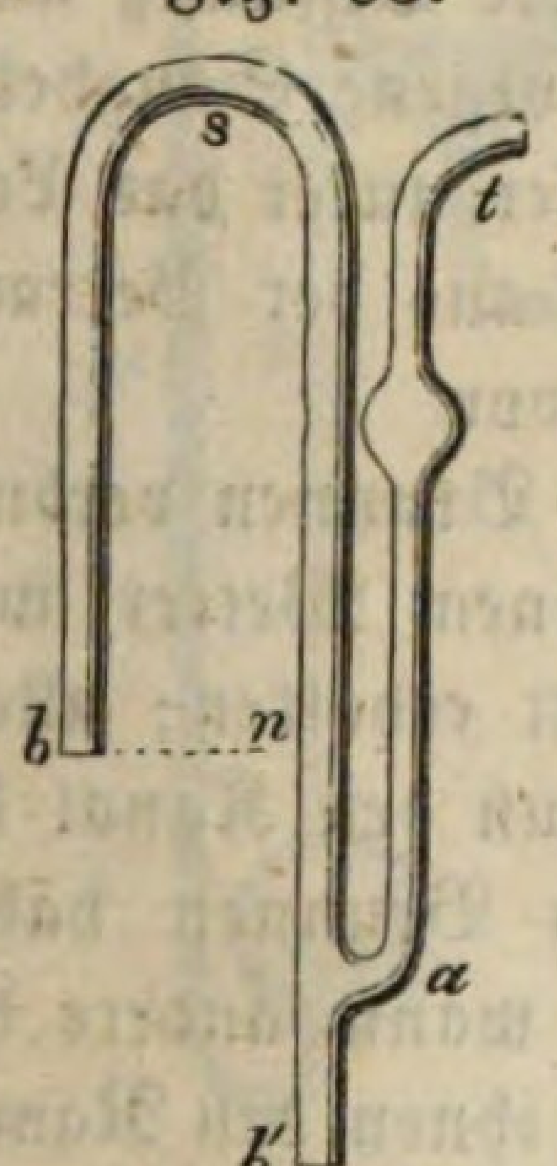


Denket es euch nun, wie vorhin, mit Wasser gefüllt! So wenig aus einem eigentlichen Stechheber, dessen oberes Ende geschlossen ist, etwas herauslaufen kann; eben so wenig aus einem Zaubertrichter, der als uneigentlicher, verborgener Stechheber gilt, diejenige Flüssigkeit, welche während des Eintauchens zwischen die beiden Wände getreten ist, wenn ich meinen Daumen auf das kleine Loch unter dem Griffe drükke. »Wie aber kommt der Zaubertrichter zu dem Weine?« Tauchet nur das Instrument, aber ohne es von Jemand bemerken zu lassen, zuerst in ein mit dieser Flüssigkeit begabtes Gefäß, und sorget auch dafür, daß, indem ihr das Loch unter dem Griffe luftdicht verschließt, der zwischen den Wänden befindliche Wein, wann ihr es nun ins Wasser steckt, nicht herausfließt! und es wird euch die Freude nicht fehl gehen, den Trichter auch auf euren Befehl anstatt des Wassers Wein geben zu sehen.

c. Der Saugheber.

Der Saugheber hat mit dem Stechheber fast einen gleichen Zweck, wird, wie dieser, bald aus Glas, bald aus Metall verfertigt und stellt eine gekrümmte, aus zwei ungleich langen Schenkeln zusammengesetzte Röhre dar. In seiner Gestalt herrscht übrigens viel Willkürlichkeit. Indem ich nun den kürzern Schenkel in Wasser tauche und an der Oeffnung des längern, der zugleich tiefer hinabreicht, zu saugen beginne, steigt die genannte Flüssigkeit plötzlich in die Höhe, füllt den Heber an, und läuft, ungeachtet ich mein Saugen längst eingestellt habe, so lange fort, bis sie endlich unter den kürzern Schenkel gefallen ist. Selbst das größte Gefäß kann auf diese Weise leicht ausgeleert werden. *bsb'at* (Fig. 93.) sei ein Saugheber; *bs* der kürzere, *sb'* der längere Schenkel; *at* die Saugröhre desselben. Ohne irgend eine besondere Vorkehrung getroffen zu haben, tritt das Wasser augenblicklich so weit in den kürzern Schenkel, als derselbe eingetaucht worden ist. Sauge ich hierauf an *t*, oder auch, wenn der Heber des Stücks *at* entbehren sollte, an *b'*; so wird die Luft, welche sich in der Röhre befindet und bisher einem höhern Steigen des Wassers entgegenwirkte, ansehnlich verdünnt, mithin die äußere Luft in den Stand gesetzt, das Wasser bis zu *s*, dem höchsten Punkte des Hebers, zu treiben. Zwar drückt auch an dem andern Ende, nämlich in *b*, die äußere Luft: allein weil die Wassersäule in dem längern Schenkel *b's* schwerer ist, als die ihr ähnliche in dem kürzern *bs*; so hat auch die Luft in *b'* mehr zu tragen, als jene, welche auf das Wasser drückt, in das wir den kürzern Schenkel getaucht

Fig. 93.



haben, und kann nun dieser nicht mehr ganz das Gleichgewicht halten. Es wird daher das Wasser stets mit größerer Kraft bei *b* in den Heber getrieben, als bei *b'* vor dem Ausfließen bewahrt. Kehre ich mein Instrument um, tauche ich also den längern Schenkel in Wasser und sauge an dem kürzern; so fließt das Wasser immer nur so lange, als das Saugen selbst währt. Und anders kann es auch nicht sein; denn in diesem Falle ist der Druck der Luft an der Oeffnung des kürzern Schenkels bedeutender, als der, welcher gegen die Oberfläche des Wassers im Gefäße gerichtet ist. Das Wasser muß daher jederzeit in seine ursprüngliche Behausung wieder zurück. — »Welches sind mithin die drei Bedingungen, welche wir, wenn anders der Saugheber fließen soll, erfüllen müssen? und warum bringen wir ferner bei demselben gewöhnlich noch eine besondere Saugröhre an?«

d. Der Zauber- oder Verir-Becher.

Der Zauber- oder Verir-Becher, auch wol der Becher des Tantalus genannt, besitzt zwar nur die einfache Form eines Trinkbechers, bietet uns aber doch auch eine interessante, für den Unkundigen ans Wunderbare grenzende Erscheinung dar. Um euch zu überzeugen, daß ich bei der Ausführung meines Experiments nichts Ungewöhnliches thun werde, gebe ich ihn zuvörderst in eines Andern Hand. Nun erst fülle ich ihn allmälig mit Wasser an. Und ihr seht, daß er plötzlich, nachdem nämlich das Wasser eine gewisse Höhe erreicht hat, zu laufen beginnt, und daß diese Erscheinung nicht eher wieder aufhört, bis aus ihm auch der letzte Tropfen verschwunden ist. — Zwischen den doppelten Wänden des scheinbaren Zaubergefäßes steckt ein Saugheber, dessen einer Schenkel nahe am Boden und dessen anderer im Fuße des Gefäßes befestigt ist (Fig. 94). Gieße ich nun in ihn Wasser; so tritt es sofort auch in den kürzern Schenkel, und zwar stets genau so hoch, wie es im Becher selbst steht. Noch aber bleibt der längere Schenkel leer. Erst wenn ich mein Gefäß so reichlich mit Wasser bedacht habe, daß letzteres bei dem obersten Punkte des Saughebers angekommen ist, füllt sich auch dieser, giebt aber durch seine untere Oeffnung alles Empfangene wieder ab. Daß der verborgene Saugheber so lange fortfließen muß, bis das Wasser unter das Loch des kürzern Schenkels gesunken ist, geht aus der Betrachtung über den sichtbaren Saugheber hervor.

Fig. 94.



Sind unterirdische heberartige Kanäle mit gewöhnlichen Brunnen verbunden: so kann sich in den letztern das Wasser wol bei trokkenem Wetter, weil unter diesen Umständen ihr oberer Theil leer bleibt, recht gut erhalten; allein bei starken Regengüssen muß es sich aus ihnen, weil es nun den Kanal bis oben hin anfüllt, in kurzer Zeit ganz verlieren. Dergleichen Brunnen haben daher fast immer Wasser, wann es trokken ist, nie aber, wann andere des Wassers in Menge besitzen. Nicht ohne Bedeutung hat man ihnen den Namen **Hungerbrunnen** gegeben; könnten wir sie nicht auch **natürliche Verir-Becher** nennen?« —

e. Der Heronsbrunnen.

An dem Heronsbrunnen, der seinen Namen nach dem Mechaniker Heron aus Alexandrien († gegen 100 v. Chr.) führt, sehen wir: 1. zwei Gefäße, die über einander liegen; 2. zwei Röhren, durch die jene Hauptttheile mit einander verbunden werden; 3. zwei Löcher in einer schüsselartigen Vertiefung, von denen das eine in das obere, das andere aber vermittels einer der beiden Röhren in das untere Gefäß geht. Ich fülle nun ungefähr drei Viertheile des obern Gefäßes mit Wasser an und verschließe dann dasselbe wieder; hierauf öffne ich das andere Loch, welches in die schüsselartige Vertiefung mündet, und gieße in das untere Gefäß wenigstens eben so viel Wasser; zuletzt stelle ich die Verbindung zwischen der äußern Luft und dem obern Gefäße wieder her. Und das Wasser springt selbst einige Fuß hoch empor. — Die Röhre *x* (Fig. 95), welche fast bis auf den Grund des untern Gefäßes *c* geht, mündet in die schüsselartige Vertiefung des obern, und gilt eben so, wie die andere, *y*, die zwar nur etwas in das untere Gefäß herab-, sehr weit aber in das obere hinaufreicht, zwischen beiden Gefäßen als Verbindungsröhre. Das Springrohr in der Mitte kann durch einen Wechselhahn willkürlich geöffnet und verschlossen werden. Wie nun Wasser in das obere Gefäß kommt, entweicht ein Theil der in ihm befindlichen Luft, als der leichtern Flüssigkeit, in das untere. Weiter jedoch kann sie nicht. — Das obere Gefäß sei nun hinreichend mit Wasser beschenkt und das Springrohr wieder luftdicht verschlossen. Indem ich hierauf das untere Gefäß mit Wasser anfülle, wird die bereits in demselben vorhandene Luft, die schon eine Verdichtung erlitten hat, sehr in die Enge getrieben, sammelt sich allmälig in dem Raume oberhalb des Wassers im höhern Gefäße, verdichtet sich hier immer mehr, und zwingt dadurch gleichsam das Wasser, sogleich, als ich die Verbindung mit der Atmosphäre herstelle, in die Höhe zu springen. Alles Wasser, was die Springröhre liefert, sammelt sich in der Schüssel, läuft zum Theil in das untere Gefäß, und bewirkt so lange ein fortgesetztes Fließen der Springröhre, als noch Wasser in dem obern Gefäße enthalten ist.

Fig. 95.

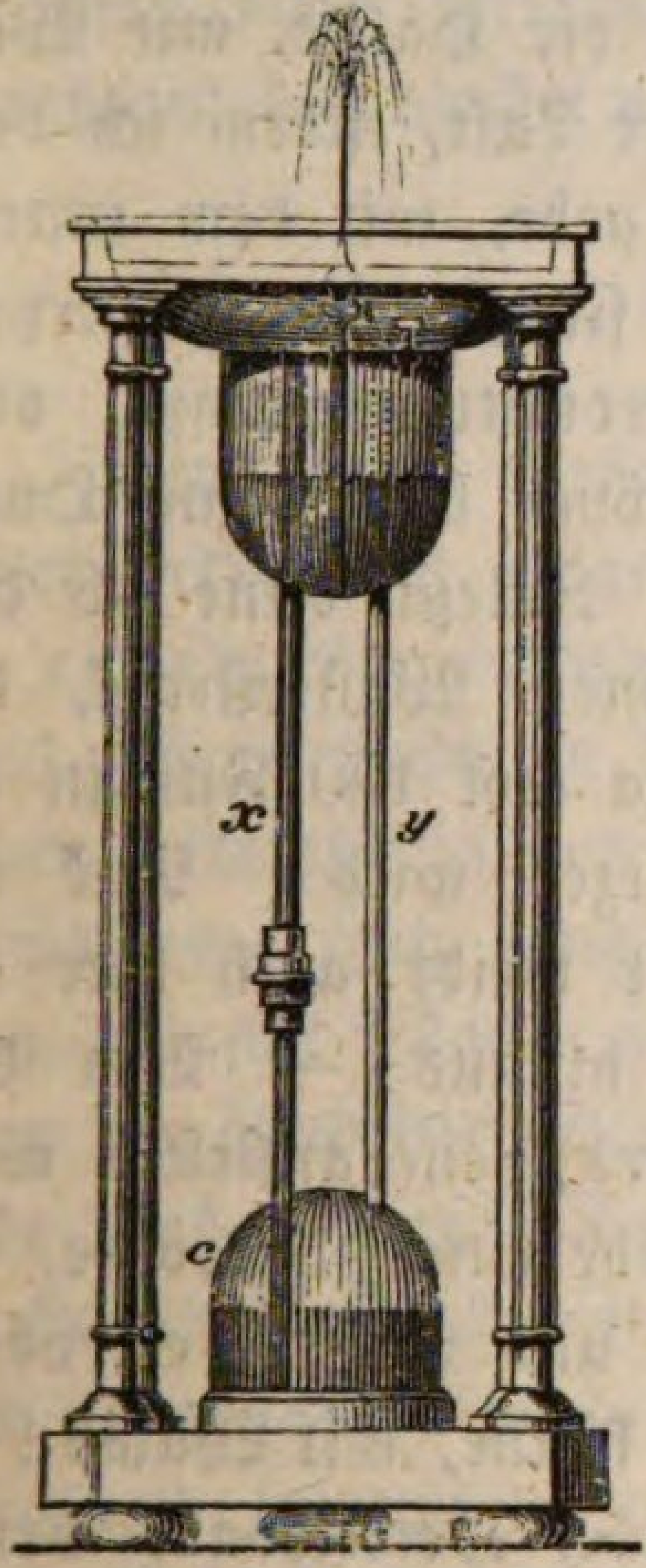


Fig. 96.



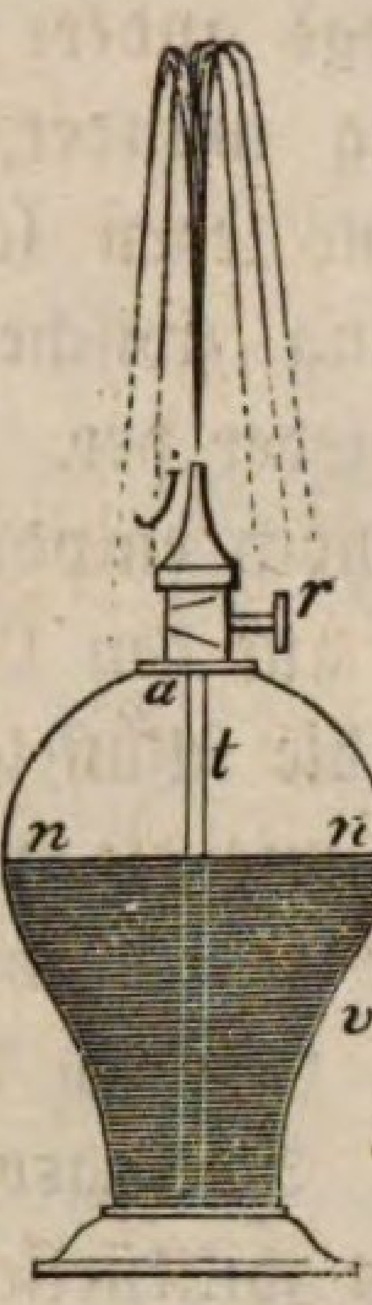
Der einfachste Heronsbrunnen, wie er sich z. B. aus Glasröhren leicht machen läßt, ist in Fig. 96 dargestellt. Die Wassersäule in der Röhre *a* verdichtet die Luft in der Röhre *b*; diese wieder drückt auf den

Spiegel des Wassers in *c* und treibt dasselbe bei *d* mit Kraft hinaus: kurz *a* vertritt *x*, *b* die Röhre *y* u. s. w.

f. Der Heronsball.

Der Heronsball besteht aus einer gläsernen Kugel, *v* (Fig. 97), und einer Röhre, *t*, die fast bis auf den Boden derselben reicht, weit über sie hinausgeht und meist mit einem Hahne versehen ist. Wie der Heronsbrunnen, dient auch er dazu, den Druck der Luft recht anschaulich zu machen. Ich fülle nun die Kugel bis *nn*, also bis etwas über die Hälfte, mit Wasser an. Hierauf setze ich die äußere Luft, indem ich dem Hahne *r* die hierzu nöthige Lage gebe, mit dem innern Raume in Verbindung. Drittens schaffe ich wiederholt entweder vermittels einer kleinen Verdichtungspumpe, oder auch, indem ich fleißig in die Röhre blase, mit Hülfe meines Mundes Luft in das Gefäß. Zuletzt öffne ich den Hahn, und ergötze euch so durch einen Wasserstrahl, der plötzlich hervorspringt, 10, 20, 50, ja wol 100 Fuß in die Höhe geht, allmälig aber immer kürzer wird. Nur die über dem Wasser stark verdichtete Luft treibt auch hier die bekannte Flüssigkeit durch die Röhre hinaus. — Wer den bezeichneten Versuch auf eine einfachere Weise anstellen will, nehme ein Arzneiglas, stekke in dasselbe eine Glasröhre, die zu einer feinen Spitze ausgezogen ist, und verklebe es oben, damit aus ihm keine Luft entweichen könne, mit Wachs! — Unter den Recipienten der Luftpumpe gebracht, fängt jeder Heronsball, wenngleich die Luft über seinem Wasserspiegel nicht verdichtet worden ist, sogleich, als das Geschäft des Auspumpens beginnt, zu laufen an.

Fig. 97.



Die natürlichen Springbrunnen verdanken nicht nur den unterirdischen Dämpfen, sondern auch einer starken Zusammenpressung der Luft ihr Dasein. Die Erscheinungen, welche gar Viele am Sprudel zu Karlsbad beobachtet haben, legen es am besten vor Augen, wie es sich dabei auch in solchen Fällen, wo die Wirkungen bedeutend größer sind, als dort, verhalten möge. So theile ich euch denn über ihn und seine Umgebungen Folgendes mit:

Das Wasser zu Karlsbad entwikkelt so viel Dämpfe und kohlensaures Gas, daß kraft dieser elastischen Flüssigkeiten zu Anfange des vorigen Jahrhunders die Dekke, unter welcher sich der natürliche Wasserbehälter befindet, zersprengt wurde. Nachdem man damals die Kalkschichten (es verstopft sich nämlich nicht selten die Oeffnung mit Kalk-Niederschlag) noch weiter durchbrochen hatte, sah man, wie das Wasser in dem großen unterirdischen Behälter in einem heftigen Kochen blieb und unaufhörlich Luft und Dämpfe zugleich entwikkelte. Später, als man jenes weite Loch durch ein festes Gewölbe wieder schloß, zwang man es, durch eigends dazu bestimmte Oeffnungen zu dringen. Eine dieser Oeffnungen bildet eben den Sprudel. Daß aus ihr das Wasser in Absätzen hervorkommt und sich auch nie zu einem hohen Strahle vereinigen will, rührt von der Luft her, welche sich mit dem Wasser zugleich entwikkelt und ihren Ausweg allzu heftig sucht.

Das wechselweise so gewaltige Hervordringen des Wassers aus den großen Springbrunnen Geyser und Strok auf Island deutet auf einen ähnlichen Ursprung hin. Nach den Beschreibungen von Ohlsen und Hooker, mit denen auch die Nachrichten Anderer übereinstimmen, findet man das Bekken des Geyser längere Zeit mit ruhigem Wasser gefüllt; plötzlich aber, wobei man ein unterirdisches Getöse wahrnimmt, fängt es an, einige auffallende Bewegungen zu machen, und stellt, wann das wundervolle Schauspiel auf seinem Glanzpunkte anlangt, eine Säule dar, die, in Dampfwolken gehüllt, 100 bis 200 Fuß hoch und 20 bis 30 Fuß dick ist. Nach ungefähr einer Viertelstunde ist der furchtbarschöne, selbst die Erde erbeben-machende Ausbruch dahin. Zwar sind wir über die Ursachen dieser Erscheinungen noch nicht gehörig aufgehellt; allein es läßt sich annehmen, daß hierbei unterirdisches, beständig fortdauerndes Feuer in Thätigkeit ist.

g. Die Cartesianischen Taucher.

Hier liegen mehrere Püppchen von Glas. Welches derselben ihr auch näher betrachten möget; immer gewahrt ihr einen dikken, hohlen Bauch, und an einem der beiden Füße eine kleine Oeffnung, die mit dem innern Raume jenes Körpertheiles in Verbindung steht. Die Püppchen führen nach ihrem Erfinder, dem ehemaligen Naturforscher Cartesius, den Namen Cartesianische Taucher. Ich thue nun das eine der sonderbaren Männlein in dieses bis oben hin mit Wasser angefüllte Gefäß und verschließe hierauf letzteres vermittels einer gewöhnlichen Blase luftdicht. Gebet nun Acht, was geschieht! »Taucher, senke dich nieder! Taucher, komme wieder empor!« Dies sind die Befehle, welche ich dem gehörnten Männlein ertheile; und sehet! nie wird es, so oft ich auch jene Worte wiederhole, unterlassen, mir pünktlich Folge zu leisten. — So auffallend immerhin sein Sinken und Steigen ist, so läßt sich die Ursache zu dieser Erscheinung doch leicht finden (»wer kennt sie bereits?«). — Das Glas ist ganz mit Wasser angefüllt. Drükke ich daher mit dem einen Finger auf die über ihm ausgespannte Blase; so erleidet zugleich auch die unter dieser befindliche tropfbare Flüssigkeit einen Druck, und ein Theil derselben sucht in dem Leibe des Tauchers einen Zufluchtsort. Nun kann zwar jene Höhle der Luft halber, mit der sie begabt ist, und die sich nun in einen engern Raum zusammenziehen muß, nicht ganz mit Wasser angefüllt werden; allein sie nimmt doch wenigstens eine solche Menge auf, daß das Püppchen, weil nun spezifisch schwerer, als die es umgebende Flüssigkeit, zu Boden sinkt. Aehnliches findet bei dem Wiederemporsteigen des Taucherleins Statt. Die Luft ist ja eine solche Flüssigkeit, welche in demselben Augenblikke, da der Druck aufhört, der sie in einen kleinern Raum zusammengepreßt hat, ihr früheres Volumen wieder ausfüllt. Was bedarf es mithin weiter, als daß ich jenen Druck, wann das Taucherlein in die Höhe kommen soll, durch das Aufheben des Fingers von der Blase entferne? Wie ich nämlich Dies thue, dehnt sich die Luft in der Bauchhöhle aus, stößt das Wasser zurück, und macht das Püppchen leichter, als die es umgebende Flüssigkeit. — Es bezeichne in Fig. 98: 1. *ab*

Fig. 98.



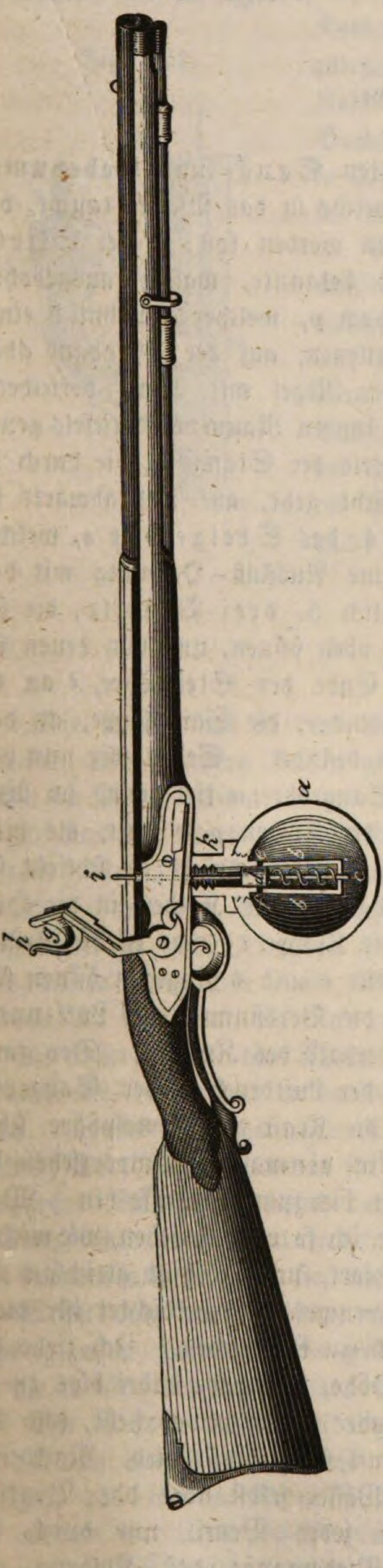
die Blase auf dem Glas-Cylinder; 2. *l* eine hohle Glaskugel, welche an irgend einer Stelle eine kleine Oeffnung hat und zum Theil mit Wasser, zum Theil mit Luft angefüllt ist. Offenbar kann die Kugel eben so leicht, wie jedes meiner Püpplein, zum Sinken und Steigen gebracht werden. — Wer dächte hierbei nicht an die Fische, welche bald an die Oberfläche kommen, bald wieder auf den Grund des Wassers hinabfahren? Die Angabe, daß sie bei diesen Bewegungen ihre Schwimmblase entweder ausdehnen, oder zusammendrükken, ist richtig; nicht aber auch die andere, daß sie die Menge des Gases in dem genannten Werkzeuge willkürlich vermehren oder verringern können. Wie wäre es ihnen wol möglich, sich, wie ein Säugethier, aufzublasen! auch besitzt ja die Schwimmblase keinen Ausführungskanal. Die Ursache zu allen diesen Erscheinungen finden wir am besten in den Muskeln, welche die Blase umgeben, und sie fortwährend stärker zusammenpressen, als es bei dem Wasser der Fall sein würde. Je nachdem dieser Muskeldruck ab-, oder zunimmt, vergrößert, oder verkleinert sich auch das Volumen der Blase.

h. Die Windbüchse.

Wie bei dem Feuergewehr das Pulver, treibt bei der Windbüchse die stark verdichtete Luft die Kugel fort. Mit Rücksicht auf ihre Einrichtung unterscheiden wir ältere und neuere Windbüchsen: bei jenen bildet der Behälter der verdichteten Luft, die sogenannte Windkammer, eine Kugel, welche mit einem Halse begabt und unterhalb des Schlosses, gerade hinter dem Bügel, befestigt ist; bei diesen erscheint er in Flaschenform, und hat seinen Sitz innerhalb des Kolbens, der willkürlich abgeschraubt und mit dem andern Theile leicht wieder vereinigt werden kann. Jedenfalls verdient die ältere vor der neuern Einrichtung den Vorzug; denn eine Kugel, in der die verdichtete Luft nach allen Seiten hin gleichmäßig drückt, ist dem Zerspringen weniger ausgesetzt, als eine Flasche, bei der jener Druck auf die innern Wandpunkte in ungleichem Maße stattfindet. — Die Kugel *a* (Fig. 99), unstreitig der wichtigste Theil einer Windbüchse, ist hohl, hat ziemlich dikke Wände und wird in der Regel aus getriebenem Kupfer bereitet. In ihr bemerken wir zuvörderst eine Röhre, *b b*, die in sie geschraubt und an ihrem tiefern Ende mit einer kleinen Oeffnung versehen ist. Letztere steht nach unten mit einem kleinen Zapfen, *c*, und nach oben mit dem Stempel *d* in Verbindung. Der Stempel verschließt nicht blos die obere Oeffnung, sondern auch *e* und *f*, die beiden Seitenlöcher der Röhre, luftdicht, und wird zum Theil durch die eingesperrte Luft, zum Theil durch eine Feder von gewundenem Drathe beständig nach oben gedrückt. Gesonnen, die Windbüchse zu laden, schraube ich die Kugel ab, setze die Compressions-Pumpe in Bewegung, verursache gegen 50 bis 100 Stöße, und beschenke sie auf diese Weise mit einer Luft, die wol 8 bis 10 Atmosphären das Gleichgewicht halten würde. Hierauf befestige ich sie wieder an das Gewehr. Drükke ich nun auf den Hahn; so schlägt derselbe vermittels eines Schneppers, *h*, auf den Zapfen *i*, welcher queer durch den Lauf und den Schaft in den Hals der Windkammer übergeht und bis zum Stempel *d* hinreicht. Was ferner erfolgt, ist eben so klar. Genöthigt, weiter nach unten zu gehen, verschließt der Stempel die Seitenöffnungen

e und *f* nicht mehr; es tritt daher durch sie aus der Windkammer ein Theil der verdichteten Luft plötzlich in den Hals *k*, von hier aus in den Gewehrlauf und treibt die Kugel, oder den Schrot mit überraschender Kraft hinweg. Damit die eingeschlossene Luft nicht auf ein Mal entweiche, gleitet der Schnepper *h* über den Zapfen, sobald er ihn getroffen hat, eiligst hinweg, und macht es dadurch dem Stempel möglich, in seine vorige Lage mit größter Schnelle zurückzukehren. Die Elasticität der beschriebenen Feder, noch mehr jedoch der Druck der Luft, kommt hierbei hauptsächlich in Betracht. Ist anders die Windkammer so viel, wie möglich, mit Luft angefüllt; so kann ich wol 8 bis 10 Schüsse thun (es werden jedoch die nachfolgenden immer schwächer), ehe ich zu einer zweiten Ladung schreiten darf. Bei der Verdichtung beweise man ja große Vorsicht! Pumpt man nämlich zu viel Luft in die Kugel; so zerspringen deren starke, kupferne Wände wie Glas, und schon oft sind auf diese Weise Menschen verwundet, ja in sehr unglücklichen Fällen selbst getödtet worden. Man hänge ferner geladene Windbüchsen niemals in warmen Stuben auf (»was aber macht sie wol hier so gefährlich?«). — Wäre es möglich, die Verdichtung der Luft noch viel höher zu treiben; so würde man vermittels der Windbüchse unstreitig dieselben Wirkungen hervorbringen, wie durch die Feuergewehre. In der That ist auch die Kraft des groben Geschützes nur der Elasticität der Luft zuzuschreiben. Das Schießpulver besteht bekanntlich aus einer Mischung von Schwefel, Kohle und Salpeter. Letzterer, ein sehr sauerstoffhaltiger Körper, giebt bei der Verpuffung mit Kohle und Schwefel einen Theil seines Sauerstoffes an diese beiden Körper ab. Dadurch bilden sich nun zwei luftförmige Säuren, nämlich Kohlensäure und schwefelige Säure, die einen viele Tausend Mal so großen Raum einnehmen, als die gemischten Körper, aus denen sie hervorgegangen sind. Eben diese ungeheure Ausdehnung treibt die Kugel zum Laufe hinaus. Ueber die furchtbare Gewalt des Schießpulvers stehe nur ein Beispiel hier. Das Entzünden von 60 Zentnern, die in

Fig. 99.

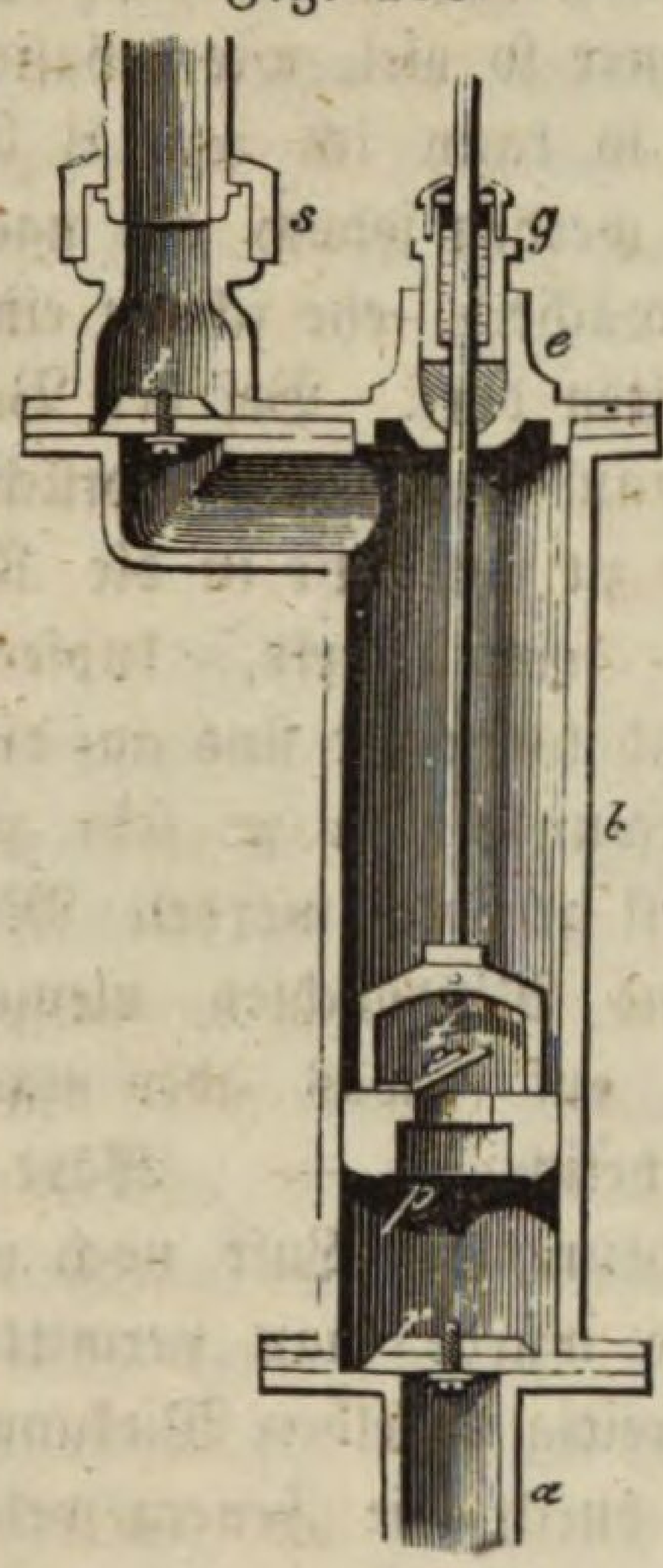


einem Thurme zu Danzig aufbewahrt wurden, erschütterte die Gegenstände drei Viertelstunden weit; eine halbe Stunde von dem Orte des Schreckens entfernt, flogen noch Kugeln, Steine u. dgl. umher; von dem Thurme selbst fand man sogar das Fundament aus der Erde gewühlt.

i. Die Saugpumpe.

Für nothwendige Theile einer sogenannten Saug- und Hebepumpe gelten: 1. die Saugröhre *a* (Fig. 100), welche in das Wasser taucht, das in die Höhe gehoben werden soll; 2. der Stiefel *b*, eine euch längst bekannte, walzig ausgebohrte Röhre; 3. der Kolben *p*, welcher gewöhnlich einen hölzernen oder metallenen, auf der Drehbank abgerundeten und in der Regel mit Werg bekleideten Cylinder bildet, den innern Raum des Stiefels genau ausfüllt, und vermittels der Stange *g*, die durch die Stopfbüchse *e* luftdicht geht, auf- und abwärts bewegt werden kann; 4. das Steigerohr *s*, welches uns zuletzt durch seine Ausfluß-Oeffnung mit dem Wasser erfreut; endlich 5. drei Ventile, die sich alle von unten nach oben öffnen, und von denen sich *l* an dem untern Ende der Steigröhre, *t* an der Basis des Kolbens, und *r*, die Saugklappe, an dem Grunde des Stiefels befindet. Setzen wir nun voraus, es stehe die Saugröhre *a* tief genug im Wasser, und es sei auch der Kolben *p* so weit, als möglich, in den Cylinder *b* hinabgedrückt: so schließt sich fast augenblicklich, da ich den Kolben in die Höhe zu ziehen beginne, die Klappe *t* (was ist die Ursache hiervon?); die Ventile *r* und *l* hingegen öffnen sich, und zwar *r* durch die Verdünnung der Luft unterhalb und *l* durch die Verdichtung derselben oberhalb des Kolbens. Der ganze Vorgang zeigt euch weiter, wie sich gleichzeitig der Luftdruck in der Saugröhre vermindern, und das Wasser daselbst, weil nun die Kraft der Atmosphäre überwiegend geworden ist, höher steigen muß. Ein einmaliges Emporziehen des Kolbens bringt übrigens das Wasser keinesweges bis zum Ausgusse hin. Während ich *p* zum zweiten Male niederdrükke, lerne ich so recht einsehen, wie wichtig die Saugklappe *r* ist; sie schließt sich nämlich sofort, und nöthigt gleichsam die Luft, welche unterhalb des Kolbens mehr oder weniger stark verdichtet ist, durch das Ventil *t* in den obern Theil des Stiefels zu entweichen. Ich ziehe den Kolben nun auch zum zweiten Male in die Höhe, und habe dabei blos zu bemerken, daß sich der Wasserspiegel im Saugrohre wieder etwas hebt, und daß aufs neue durch die Klappe *l* eine Quantität Luft fortgeschafft wird. Nach einer gewissen Anzahl von Kolbenstößen kommt das Wasser selbst über das Ventil *r* und tritt in den Stiefel *b*. Fortan wird jedes Ventil nur durch das Wasser gehoben, dringt ferner bei jedem Niedergange des Kolbens eine

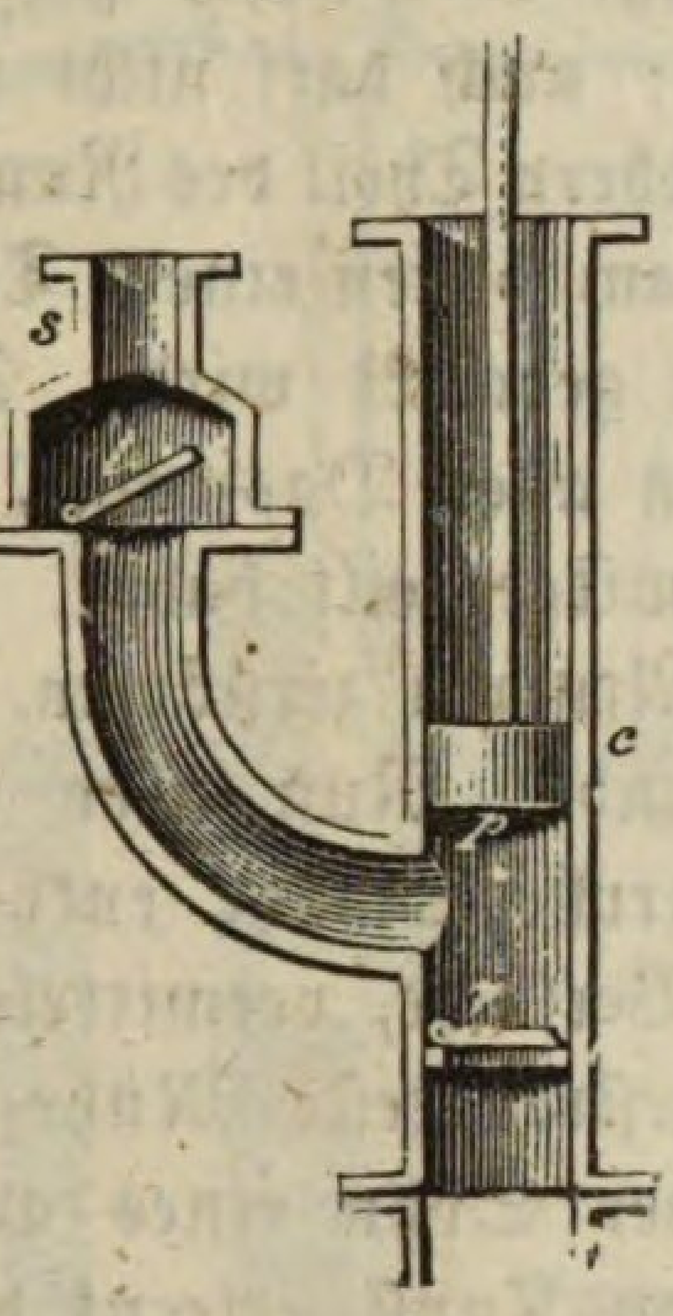
Fig. 100.



Menge dieser Flüssigkeit mehr durch *t* und gelangt endlich bis zur Ausgußröhre hin.

Die Saug- und Druckpumpe (Fig. 101) hat, wie die Saug- und Hebepumpe, ein Saugrohr, *a*, ein Steigerohr, *s*, einen Stiefel, *c*, und einen Kolben, *p*; allein es fehlt ihr das Ventil in dem zuletzt genannten Theile. Ziehen wir bei ihr den Kolben empor, so dringt das Wasser sofort durch die Saugklappe *r*; lassen wir ihn wieder niedersinken, so wird es durch *l*, weil *r* die Oeffnung verschließt, in die Höhe gepreßt.

Fig. 101.



Um den Kolben einer Saugpumpe zu heben, müssen wir, abgesehen von der Reibung, eine Kraft anwenden, die den Druck einer Wassersäule überwindet, welche zu ihrer Basis die Oberfläche des Kolbens und zu ihrer Höhe die vertikale Entfernung der Ausfluß-Oeffnung im Steigerohre vom Wasserspiegel im Saugrohre besitzt. Wisset ihr aber auch, warum die Saugklappe *r* über der Oberfläche des Wassers nicht höher, als 30 Fuß, stehen darf?« —

k. Die Taucherglocke.

Die Kunst, tief in das Meer hinabzufahren, wurde schon von den alten Griechen und Römern fleißig geübt. Jedes Schiff hatte mehrere Menschen, welche die Anker lichten halfen, und dem Meeresgrunde sämmtliche Gegenstände, die zur Zeit der Noth über Bord geworfen worden waren, wieder zu entreißen suchten. Auch Perlen und Schwämme holten diese Leute (man nannte sie Taucher) aus der Tiefe herauf. Gesonnen, in letzterer Absicht eine solche Wasserfahrt zu halten, banden sie sich einen mit Oel getränkten Schwamm um ihren linken Arm und einen 20 bis 30 Pfund schweren Stein an ihre Füße, nahmen ein Messer in die eine, ein Körbchen in die andere Hand, verstopften sich die Ohren- und die Nasenlöcher mit Baumwolle, und ließen sich nun an einem Seile, das um ihren nackten Leib gewickelt worden war, schnell ins Meer hinab. Selbst noch heutigen Tages unterziehen sich Viele einem solchen Geschäfte. Die Gefahren, deren sie sich dabei aussetzen, sind nicht minder zahlreich, als groß. Abgesehen davon, daß der Hai, diese schreckliche Hyäne des Ozeans, sie ganz, oder zum Theil verschlingen kann, fallen sie dem Tode nicht selten auch dadurch anheim, daß sie, wann sie an dem Seile gerüttelt und schon vorher den Stein von ihren Füßen abgebunden haben, nicht genügend schnell in die Höhe gezogen werden. So gebührt gewiß dem Erfinder eines Instruments, das die meisten der bezeichneten Gefahren verhütet, der wärmste Dank.

Die Taucherglocke (so heißt das wichtige Instrument) wird gewöhnlich aus Metall verfertigt, hat die Gestalt einer Thurmglocke, und einen solchen Umfang, daß sich in ihrem Innern einige Menschen bequem aufhalten können. Ich gedenke hier vorzugsweise der Taucherglocke des Engländers Edmund Halley. Dieselbe war 8 Fuß hoch, mit Blei überzogen, und an ihrem untern Ende der-

gestalt mit Gewichten belastet, daß sie, ins Meer hinabgelassen, überall senkrecht zu stehen kam; ganz oben hatte sie ferner ein starkes, gewölbtes Glas und an ihrem Umfange einige lederne Schläuche. Das Glas diente zum Eindringen des Lichtes; die Schläuche, welche mit ihr durch Röhren in Verbindung standen, führten dem Taucher eine Zeitlang frische Luft zu. Mit Hülfe eines solchen Instrumentes, in welchem der Wagehals sitzt oder steht, geht die gefährliche Wasserfahrt allerdings besser von Statten; auch darf nicht übersehen werden, daß sie ihm vergönnt, den Kopf und den obern Theil des Rumpfes vom Wasser frei zu erhalten. Jede Taucherglokke ist am besten einem Trinkglase vergleichbar, das mit seiner Mündung ins Wasser gedrückt wird. Denket nur bei ihr an die Elasticität der Luft, wie auch an alles Dasjenige, was ich euch einst über die Undurchdringlichkeit der Körper mitgetheilt habe!

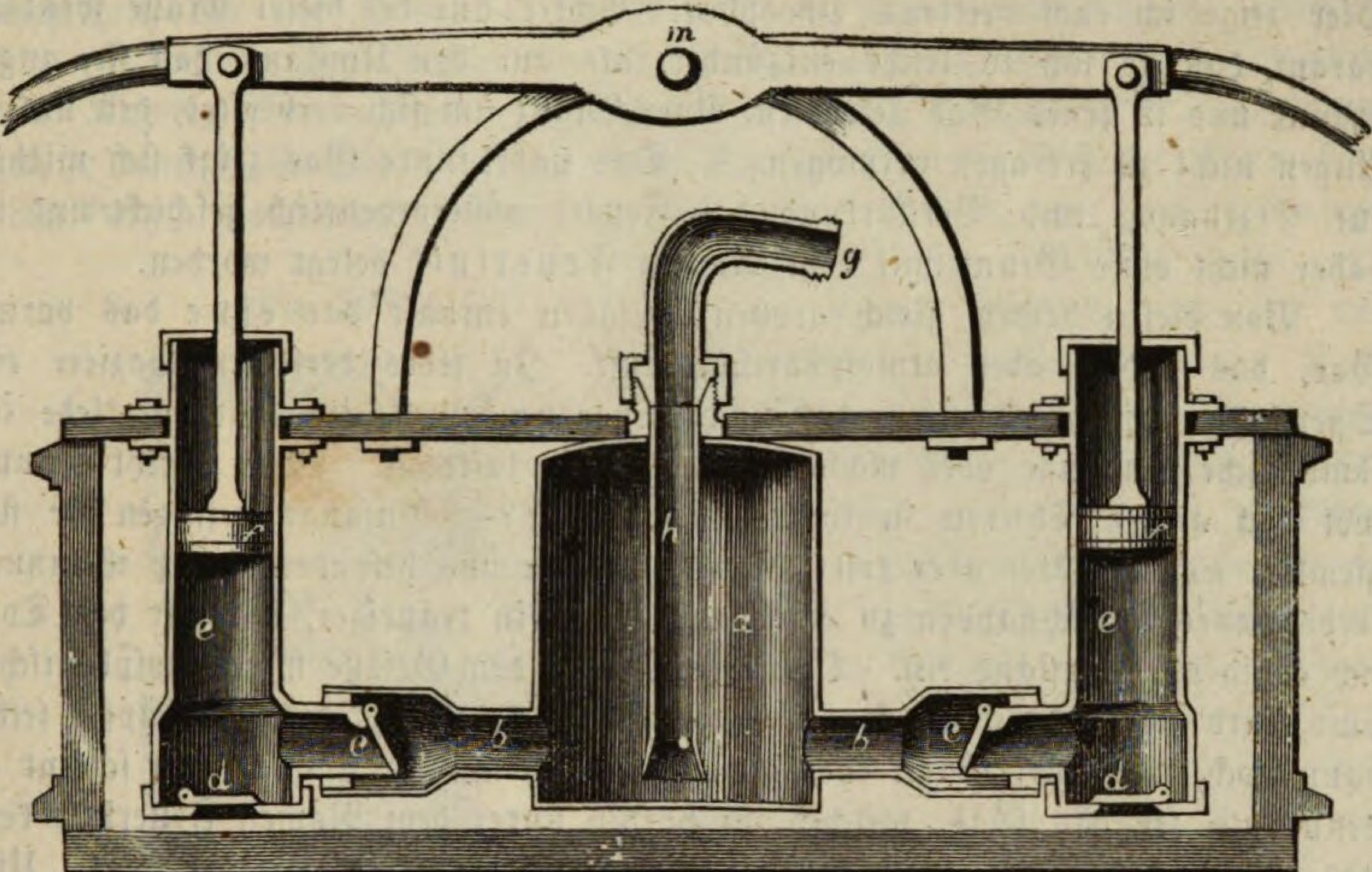
Als die Engländer im Jahre 1589 die spanische Armada zerstörten, gingen einige Schiffe derselben bei der Insel Mull zu Grunde. Nun aber sollte das eine Fahrzeug, wie die Gefangenen behaupteten, große Schätze enthalten haben. Man machte daher zu wiederholten Malen Versuche, vermittels der Taucherglokke Einiges zu retten; allein selbst die angestrengteste Mühe blieb ohne Erfolg. Glücklicher war William Phipps, der Sohn eines amerikanischen Grobschmiedes, der in Boston die Schiffsbau-Kunst erlernt hatte. Derselbe fand nämlich an der Küste von Hispaniola nicht nur die Stelle, wo ein reich beladenes spanisches Schiff versunken war, sondern beförderte auch wirklich aus der Tiefe des Meeres außerordentliche Schätze, die auf 1,800,000 Thlr. berechnet wurden, ans Tageslicht. Er erhielt von dieser Summe den funfzehnten Theil, also 120,000 Thaler, und von seinem Könige noch überdies den Ritterschlag.

1. Die Brand- oder Feuerspritze.

Wir unterscheiden kleinere und größere Feuerspritzen: jene, die Handspritzen heißen, sind zu einfach, als daß es nöthig wäre, hier über ihren Mechanismus zu sprechen; hingegen diese, welche vorzugsweise Brand- oder Feuerspritzen genannt werden, sind sehr zusammengesetzt und bedürfen deshalb einer nähern Erörterung. Wie bei einer zweistiefeligen Luftpumpe, gelten auch bei den Feuerspritzen die beiden sehr sorgfältig gearbeiteten Cylinder *e*, *e* (Fig. 102) für den ersten, so wie die Kolben *f*, *f*, die, um luftdicht anzuschließen, gut geölt und mit feinem Leder umhüllt sind, für den zweiten nothwendigen Theil des nützlichen Apparates. Beide Stiefel stehen zur Zeit ihres Gebrauches in einem mit Wasser angefüllten Kasten. Die Stangen, vermittels derer die Kolben auf und nieder bewegt werden, sind mit einem Hebel verbunden, welcher seinen Unterstützungspunkt in *m* hat. Ganz so, wie bei einer Saugpumpe, wird das Wasser auch bei einer Feuerspritze, sobald nämlich der Kolben nach oben geht, in den luftleeren Raum des Stiefels gedrängt, und, wann er die umgekehrte Bewegung macht, genöthigt, sich, weil das Ventil *d* an der Basis des Stiefels *e* die vorige Oeffnung wieder verschließt, einen andern Ausweg zu suchen. Es entweicht in das Knie- oder Gurgelrohr *b* und von hieraus vermittels eines andern Ventils in den Wind-

kessel *a*. Je öfter die Kolben auf und nieder bewegt werden; desto mehr Wasser tritt ins letztere Gefäß, desto mehr wird offenbar auch die Luft im obern

Fig. 102.



Theile desselben verdichtet. Von nun an hat die Feuerspritze die größte Aehnlichkeit mit einem Heronsballe. Das Rohr *h* reicht beinahe bis auf den Boden des Windkessels, und hat bei *g* den Schwanenhals, d. h. eine Röhre mit enger Oeffnung, angeschraubt erhalten. Nicht selten vertritt jene Röhre ein Schlauch mit einer metallnen Spitze. Derselbe wird in die Wand des Windkessels, und zwar nahe am Boden, befestigt, liefert durch den Druck der verdichteten Luft, welche jenes Gefäß beherbergt, einen starken Wasserstrahl, und ist vor dem Schwanenhalse besonders dadurch ausgezeichnet, daß er sich in jede beliebige Richtung bringen läßt.

Wol giebt es noch so manchen Apparat, z. B. die Priesterpumpe, den intermittirenden Brunnen u. s. w., der hier erläutert zu werden verdiente; ich breche indeß ab, hoffend, es werde euch nicht schwer werden, die Construction aller dieser Werkzeuge zu übersehen, und die Erscheinungen, zu denen sie so treffliche Mittel darbieten, auf die Ursachen derselben zurückzuführen.

§. 6.

Die vornehmsten Luft- oder Gasarten.

a. Die Lebensluft.

Hier ist zuvörderst ein glimmender Holzspan. Kaum habe ich ihn in das unbekannte Gas dieses Gefäßes getaucht; so bricht er auch schon in Flammen aus, und verbreitet einen ungleich schönern Schein, als er es je in atmosphä-

rischer Luft thun kann. — Hier seht ihr ferner eine Stahlfeder, die bereits an ihrem untern Ende stark glüht. Während sie sich in der räthselhaften Luft befindet, leuchtet sie ungemein hell, wirft nach allen Seiten hin Funken, und verbrennt, gleich dem Holze, der Kohle u. s. w. in atmosphärischer Luft. — Hier zeige ich euch drittens Phosphor. Achtet nur bei dieser Masse weniger darauf, daß sie sich so leicht entzündet, als auf den Umstand, daß sie, angebrannt und in jenes Gas geworfen, einen Glanz um sich verbreitet, den unsere Augen nicht zu ertragen vermögen. — Das unbekannte Gas zeigt sich mithin zur Erzeugung und Verstärkung des Feuers außerordentlich geschickt und ist daher nicht ohne Grund mit dem Namen Feuerluft belegt worden.

Von diesen beiden gleich großen Gefäßen enthält das eine das vorige Gas, das andere aber atmosphärische Luft. In jedes derselben spaziere ein Sperling. Um zu verhüten, daß noch ferner neue Luft eindringe, verklebe ich sämmtliche Zugänge oder mache beide Gefäße luftdicht. »Wie ergeht es nun wol den armen Thieren in ihrem Gefängnisse?« Anfangs befinden sie sich ziemlich wohl; später aber tritt für sie, was sie uns besonders durch ihr ununterbrochenes Luftschnappen zu erkennen geben, ein trauriger, erst mit dem Tode sich endigender Zustand ein. Der Sperling in dem Gefäße mit atmosphärischer Luft starb übrigens ungleich früher, als der andere; ja letzterer hüpfte selbst dann noch, wie jener längst todt dalag, ziemlich munter umher. So scheint es denn, als sei das Gas, welches ihr vorhin unter dem Namen Feuerluft kennen gelernt habt, zum Leben besser geeignet, als die atmosphärische Luft. Und so ist es, wenigstens in gewissen Beziehungen, in der That; ja, ich füge hinzu, daß die atmosphärische Luft nur insofern, als sie einen bedeutenden Theil jenes Gases in sich schließt, zum Einathmen gebraucht werden kann. Mit Recht nennen wir daher dieses Gas auch Lebensluft.

Wie bekannt, giebt es eine Menge von Stoffen, welche von den Chemikern Säuren genannt werden; ich verweise euch beispielsweise auf die Kohlen-, die Schwefel-, die Salpetersäure u. s. w. Mit Rücksicht darauf nun, daß sie sich auch in den meisten Säuren findet, führt sie endlich den Namen Oxygen oder Sauerstoffgas.

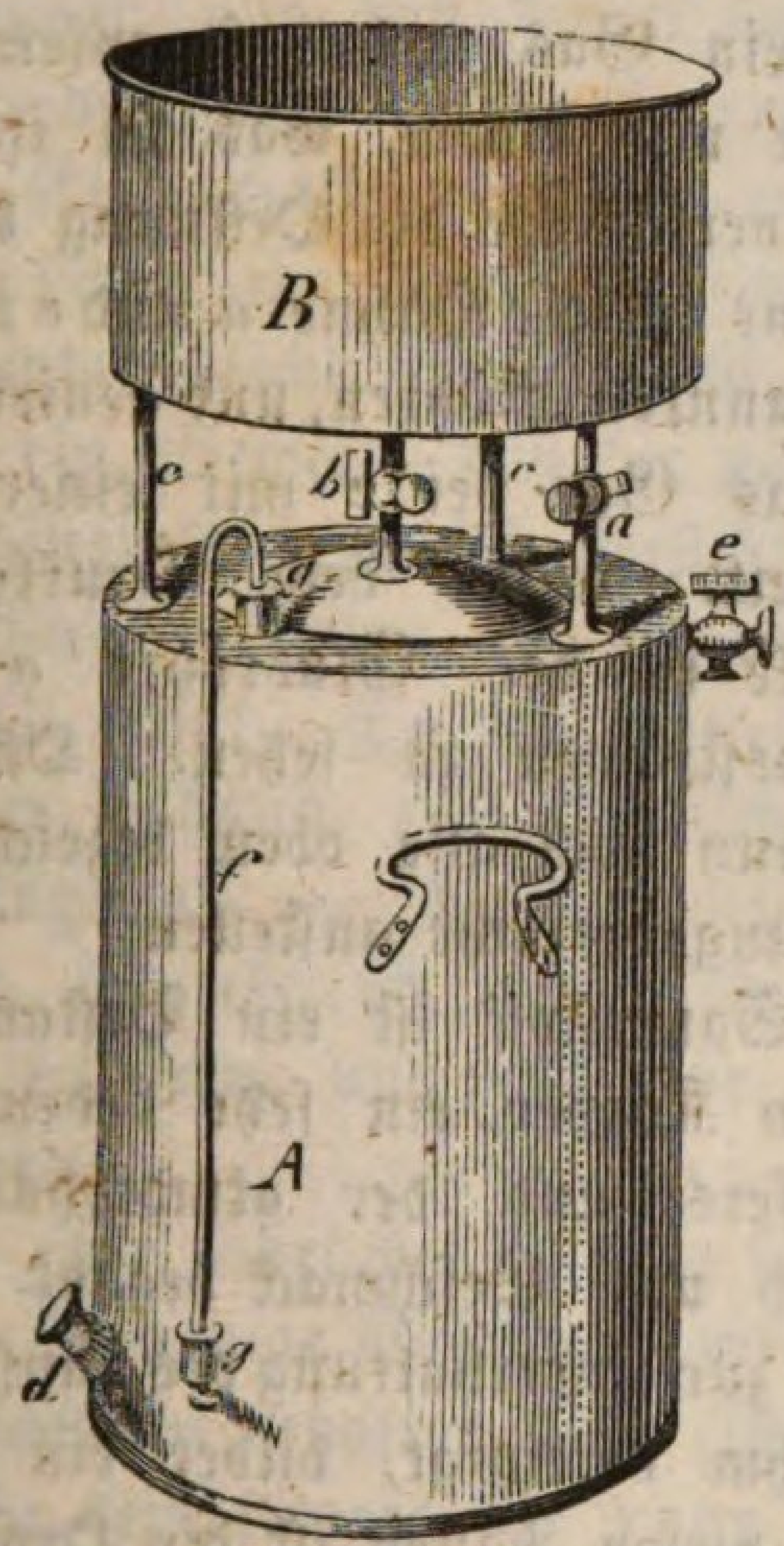
Wer erwägt: 1. daß das Verbrennen nichts weiter ist, als eine Verbindung vom Sauerstoffgase mit einem andern Körper (hierüber das Nähere in dem Abschnitte über die Wärme!), und 2. daß auch durch den Lebensprozeß fortwährend Sauerstoff verzehrt wird*), kommt fast unwillkürlich zu der Frage: »wie aber entwikkelt die Natur diese so nothwendige Luftart immer aufs neue?« Das thut sie vorzüglich vermittels der grünen Blätter und Zweige der Pflanzen bei Sonnenschein. Es saugen nämlich diese Theile während der Nacht die Kohlensäure ein; unter dem Einflusse des Sonnenlichtes aber zersetzen sie dieselbe, behalten den Kohlenstoff für sich

*) Die eingeathmete Luft kommt bekanntlich in die Lunge. Dort verbindet sich ein Theil des Kohlenstoffes, der im Blute sich befindet, mit dem Sauerstoffe, bildet Kohlensäure und wird als solche wieder ausgeathmet. Dieser Prozeß der Kohlensäuren-Bildung ist die Quelle der thierischen Wärme. Natürlich müssen die Functionen des Lebens aufhören, wenn ein zu diesem Prozesse nöthiger Körper fehlt.

(der vornehmste Bestandtheil der Pflanzen ist die Kohle) und geben den frei gewordenen Sauerstoff an die Atmosphäre zurück.

Bevor ich die Geschäfte bezeichnen kann, deren wir uns zu unterziehen haben, wenn wir uns selbst Lebensluft bereiten wollen, müssen wir mit einem wichtigen, für die Chemiker unentbehrlichen Instrumente bekannt geworden sein. Ich meine das Gasometer. Es besteht hauptsächlich aus zwei Cylindern von Kupfer, oder lakkirtem Bleche. Ersterer, *A* (Figur 103), hat ungefähr eine Höhe von 16 und einen Durchmesser von 10 Zoll; ferner bei *e* eine kurze, horizontale Röhre, die mit einem Hahne, wie auch mit einem Schraubengewinde versehen ist; endlich bei *d* eine Oeffnung, die sich nach oben kehrt und vermittels eines Korks oder einer Schraube verschlossen werden kann. — Letzterer, *B*, ruht auf drei Stützen, die auf dem etwas gewölbten Dekkel von *A* befestigt sind, besitzt nur eine Höhe von 5 bis 6 Zoll, und ist mit dem untern Cylinder durch zwei Röhren, *b* und *a*, je nachdem wir deren Hähne drehen, bald in Verbindung gesetzt, bald wieder nicht. Die Röhre *b* befindet sich genau in der Mitte und darf den untern Cylinder nicht erreichen; die Röhre *a* aber geht fast bis auf den Boden dieses Gefäßes hinab. Das Gewinde bei *e* hat allein den Zweck, an die kurze Röhre andere Röhren und Ausströmungs-Oeffnungen nach Belieben schrauben zu lassen. — Gesonnen, *A* mit irgend einem Gase zu beschenken, verschließe ich zuvörderst das Loch bei *d*, öffne sämmtliche drei Hähne und fülle es so hoch mit Wasser an (das Wasser geht dabei natürlich aus dem obern in den untern Cylinder), bis letzteres bei dem Gewinde ausfließt. Hierauf drehe ich den Hahn der kurzen Röhre, d. h., ich verschließe die Oeffnung daselbst. Indem ich noch mehr Wasser in *A* schaffe, vertreibe ich zugleich den Rest der Luft, welche sich in ihm aufgehalten hat (er entweicht durch die Röhre *b*). Zuletzt schließe ich auch die Hähne der Röhren *b* und *a*, ziehe aber den Kork bei *d* heraus. Der fernere Gebrauch des Gasometers wird euch bei der künstlichen Bereitung der Lebensluft am besten klar werden.

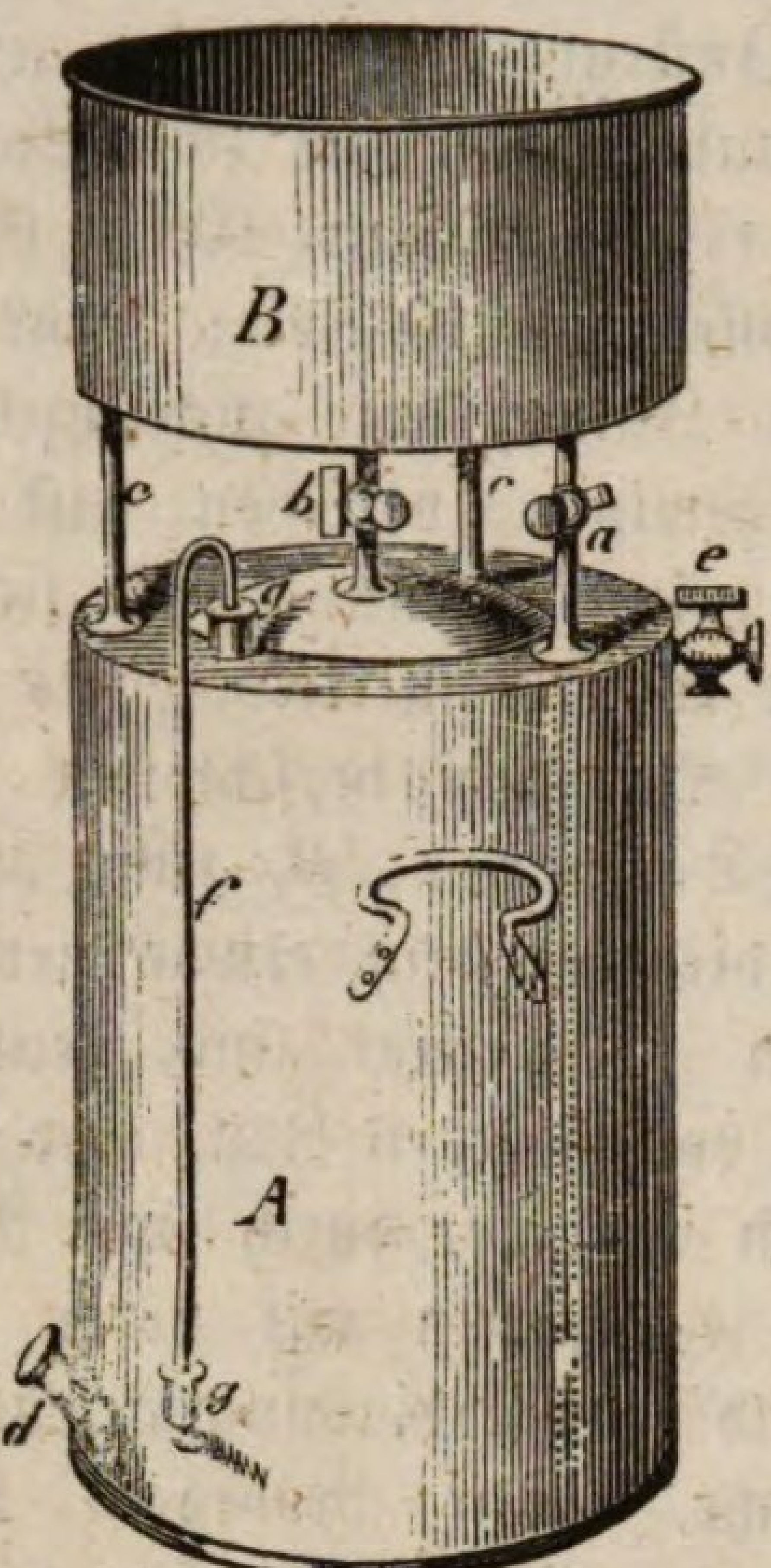
Fig. 103.



Hier seht ihr eine Flasche von Gußeisen, einen eingeriebenen Pistolenlauf, einen durchbohrten Kork, eine gerade Glasröhre, ein Kautschukröhrchen, eine gekrümmte Glasröhre und etwa 1 bis 2 Pfund gepulverten Braunstein. Nachdem ich die letztere Masse in die Flasche gebracht habe, verbinde ich sämmtliche sechs Theile luftdicht mit einander, und zwar genau in der Ordnung, in welcher sie genannt worden sind. Dann erhitze ich die Flasche in einem Ofen. Während dieses Geschäftes prüfe ich wiederholt, obwol ein glimmender Holzspan

vor der Mündung der gekrümmten Gasröhre sich entzündet (anfangs fließt hier etwas Wasser aus), und verabsäume nicht, letztere sofort, als dieser Zeitpunkt eingetreten ist, in die Oeffnung *d* des Gasometers zu stekken. Von nun an steigen ununterbrochen Gasblasen in den obern Theil des Cylinders *A* und treiben immer mehr Wasser bei *d* hinaus. Wie weit der Cylinder mit Gas angefüllt ist, ersehe ich an der Glasröhre *fg*, die oben und unten mit dem Gefäße in Verbindung steht. Entwikkelt sich kein Gas mehr; so enferne ich die Flasche mit Allem, was zu ihr gehört, und verschließe die Oeffnung bei *d*. Zuletzt öffne ich die Hähne *a* und *e* in den beiden bekannten Röhren, und genieße die Freude, das Gas bei *e* mit einer Geschwindigkeit, welche dem Drukke der Wassersäule in der Glasröhre *a* entspricht, ausströmen zu sehen. Offenbar kann ich nun auch alle oben bezeichneten Verbrennungsversuche anstellen.

Fig. 104.



Der Sauerstoff ist ein Bestandtheil der meisten Körper, ein sehr bedeutender des Wassers und der atmosphärischen Luft, und weder mit Farbe, noch mit Geruch und Geschmack begabt. Wir benutzen ihn zur Wiederbelebung Erstickter und zur Unterhaltung des künstlichen Schmelzfeuers. Jeder Körper, der sich mit ihm vereinigt, bildet ein Oxyd oder eine Sauerstoff-Verbindung. In vielen Fällen ist die Oxydation von einer Licht- und Wärmeentwikkelung begleitet, in andern, beispielsweise bei dem Rosten der Metalle, wieder nicht. Wer den Sauerstoff als unbedingt nothwendig bei jeder Verbrennung kennen gelernt hat, wird sich besonders bei Feuersgefahren, verliert er anders die Besonnenheit nicht, verständig benehmen, und die Flamme vielleicht noch früher, ehe sie so recht zum Ausbruche gekommen ist, verlöschen machen. Entzünden sich Sachen in einem Keller; so verstopft er, um der äußern Luft den Eintritt zu wehren, sämmtliche Löcher mit Mist: entsteht ferner Feuer in einem Schornsteine, so verschließt er eben so schnell die untere und die obere Oeffnung desselben. In beiden Fällen verlischt natürlich das Feuer zuletzt aus Mangel an Sauerstoff.

Daß der Schmidt in seiner Werkstatt, wenn er sein Eisen bei geringen Brenn-Materialien schnell zum Glühen bringen will, den Blasebalg wakker aufhebt und niederdrückt; daß der Goldarbeiter, um die edlen Metalle flüssig zu machen, nach seinem Löthrohre greift und durch dasselbe fleißig auf die Flamme bläst; daß das Feuer im Ofen, auf dem Heerde um so besser brennt, je mehr Luft zwischen die einzelnen Holzstückchen tritt; daß jede Feuersgefahr, die zur Zeit eines heftigen Windes entsteht, große Gefahren darbietet u. s. w.:

alle diese Erscheinungen wird sich Jeder erklären können, der da weiß, in welcher Verbindung der Sauerstoff mit der Flamme steht.

b. Die Stickluft.

Daß in dem Gefäße, welches ihr hier seht, nur atmosphärische Luft enthalten ist, beweist genügend der Umstand, daß ich die Oeffnung desselben bald nach oben, bald nach unten kehre. Wie vorhin in Lebens-, will ich nun auch in gemeiner Luft eine Menge Phosphor verbrennen. Ehe ich jedoch Dies thun darf, habe ich dafür Sorge zu tragen, daß keine neue Luft in mein Gefäß dringt, und daß ferner jene Masse so lange fortbrennt, bis sie von selbst wieder verlischt. Das Experiment sei gemacht. So untersuche ich denn, welche Eigenschaften die Luft meines Gefäßes nun an sich trägt. Eine derselben kennt ihr bereits. Noch war nämlich der Phosphor, diese sonst so leicht entzündliche Masse, nicht ganz verbrannt, als auch schon das Feuer verlosch; ein Beweis, daß die neue Luftart zu dem Feuer eben so feindlich, als die Lebensluft freundlich, dasteht. Ich bringe ferner in den bezeichneten Raum eine Maus. Kaum hat sie ihr Gefängniß betreten, so sinkt sie auch schon hin und stirbt. So ist denn die neue Luftart auch in der Hinsicht, daß in ihr kein Athmen, kein thierisches Leben stattfindet, dem Sauerstoffgase gerade entgegengesetzt. — Anstatt noch mehrere ihrer Eigenschaften anschaulich zu machen, bemerke ich euch lieber sogleich, daß auch sie verdient, näher bekannt zu sein, und daß ihr euch bei ihr noch mancherlei einzuprägen habt, als:

1. Sie führt die Namen Stick- und Azot-Luft.

2. Diejenige Stickluft, welche ich in meinem Gefäße durch Verbrennung von Phosphor erhalten habe (ich hätte eben so gut Weingeist nehmen können), dürft ihr keinesweges für rein ansehen; denn das Feuer verlischt, ein Thier stirbt eher, als der letzte Rest von Sauerstoff verbraucht worden ist. Von diesem Stoffe gänzlich befreit erhalte ich sie erst dann, wenn ich eine Menge atmosphärischer Luft mit aufgelöstem Schwefel-Kalium genügend geschüttelt habe. Das Kalium verzehrt nämlich den Sauerstoff; das Schwefel-Wasserstoffgas aber, welches sich dabei bildet, wird durch Schütteln mit Kalkwasser entfernt.

3. An sich ist die Stickluft kein schädliches Gas. Verwechselt überhaupt nie wirklich giftige und blos nicht zum Athmen geeignete Gase mit einander! Erstere, wie das Chlor, und diejenige Säure, welche sich bei dem Verbrennen des Schwefels bildet (denket an das Anzünden eines Schwefelhölzchens!), erregen sofort Husten, verhalten den Athem und greifen die Lunge an; letztere, wie die Stickluft, die Kohlensäure, das Wasserstoffgas u. s. w., üben auf das genannte Organ keinen nachtheiligen Einfluß aus, und können daher, mit Sauerstoff in genügendem Maße vermischt, geathmet werden.

4. Sie macht ungefähr ⅘ unserer Atmosphäre aus. — Genau genommen, besteht die gemeine Luft aus 79 Raumtheilen Stickstoff und 21 solcher Theile Sauerstoff. Alle Versuche, die vermittels sogenannter Eudiometer (Luftgüte-Messer) über sie angestellt worden sind, haben immer aufs

neue zu dem Ergebniß geführt, daß in ihr das bezeichnete Verhältniß des Sauerstoffes zum Stickstoffe auf sämmtlichen Punkten der Erd-Oberfläche, in jeder Höhe und Tiefe, zu allen Jahreszeiten u. s. w. dasselbe bleibt. Sie ist jedoch keine chemische Verbindung dieser Gase. — Noch verweise ich euch auf einen sehr merkwürdigen Umstand.

In diesem Gefäß ist Wasser, in jenem Oel; ich bringe sofort beide Flüssigkeiten in einerlei Gefäß, und nehme so nochmals wahr (wobei habe ich diesen Versuch zum ersten Mal angestellt?), daß sie sich nach der Ordnung ihrer Dichtigkeit über und unter einander gelagert haben. Aehnliches findet bei allen tropfbaren, keiner chemischen Verbindung fähigen Körpern Statt. Hier habe ich ferner in dem einen Glase, *a* (Fig. 105), Wasserstoffgas und in einem andern, *e*, Kohlensäure, also zwei Luftarten, die mit Rücksicht auf ihre Dichtigkeit kaum verschiedener sein können. Gesonnen, euch zu zeigen, daß sich die gasförmigen Körper keinesweges so, wie die tropfbarflüssigen, nach ihrem spezifischen Gewichte schichten, verbinde ich nun meine beiden Glasgefäße durch eine Röhre, *d*, öffne aber deren Hähne erst dann, wenn der Ballon mit dem Wasserstoffgase oben zu stehen gekommen ist. »Und was ist hiervon das Resultat?« Das Wasserstoffgas steigt zur Hälfte in den untern, die Kohlensäure zur Hälfte in den obern Ballon; kurz jedes der beiden Gase verbreitet sich in dem ganzen Raume gerade so gleichmäßig, als ob das andere gar nicht vorhanden wäre. Was aber für zwei Gase gilt, gilt auch für die Mischung mehrerer. Erfolgt doch selbst die Dämpfeverbreitung auf die beschriebene Art.

Fig. 105.



Außer dem Sauer- und dem Stickstoffe enthält die atmosphärische Luft noch Wasserdunst und etwas Kohlensäure in veränderlicher Menge.

c. Die brennbare Luft.

Noch ist diese enge Röhre, welche mit einem ziemlich weiten Gefäße in Verbindung steht, geschlossen; ich drehe nun aber deren Hahn und führe über sie ein brennendes Licht hinweg. Und sehet! es entsteht eine bläuliche, zwar sehr heiße, doch aber nur schwach leuchtende Flamme. Daß sich hier ein Gas entzündet haben müsse, liegt klar vor uns da; allein welches? und wie ist es in die Flasche gekommen?« Ich beantworte euch die letzte Frage zuerst. Es war dazu von meiner Seite nichts weiter erforderlich, als daß ich die Flasche zum Theil mit Wasser und Schwefelsäure anfüllte und in die hierdurch gebildete Mischung einige Zinkstückchen warf. Der Vorgang in der Flasche selbst ist sehr einfach: es tritt nämlich der Sauerstoff des Wassers in die Zinkstückchen; der andere Stoff desselben wird frei und steigt bläschenweise in die Höhe. Letzterer ist eben das leicht entzündbare Gas und führt den Namen **Wasserstoffgas**. Nie findet sich die **brennbare Luft** (so heißt gewöhnlich das Wasserstoffgas) rein in der Natur, wol aber sehr oft mit verschiedenen andern Stoffen vermischt.

Der Wasserstoff (Hydrogen), den wir nur als Gas kennen, ist **un**-

gefähr 13 bis 14 Mal leichter, als die atmosphärische Luft, ein Haupt-Bestandtheil der Thier- und der Pflanzenkörper und ohne Farbe, Geruch und Geschmack. Er eignet sich weder zum Athmen, noch zur Unterhaltung des Feuers. Mit Sauerstoff in dem Verhältnisse von 2 zu 1 vereinigt, bildet er die Knall-luft, deren Entzündung eine heftige, unter gewissen Umständen höchst gefährliche Explosion verursacht (man beweise deshalb bei den Versuchen mit ihr große Vorsicht). Die atmosphärische Luft z. B, welche aus dem gläsernen Gefäße, das wir nach obiger Weise bereitet haben, allmälig entweicht, kann uns sehr leicht den ganzen Apparat zertrümmern, wenn sich ihr Sauerstoff dadurch, daß wir den entwikkelten Wasserstoff zu früh entzünden, mit diesem Gase vereinigt.

Das Gas, welches fast immer aufsteigt, wenn wir in einen recht schlammigen Sumpf bald hier, bald dort einen Stock stekken, ist Kohlen-Wasserstoffgas (es führt auch den Namen ölbildendes Gas), besteht aus vier Theilen Wasser- und zwei Theilen Kohlenstoff, und darf wol nicht, weil es sich nicht selbst entzündet, für die Ursache der Irrlichter angesehen werden*). — Dem Kohlen-Wasserstoffgase sehr ähnlich ist das Grubengas, bei dem auf einen Gewichtstheil Kohlenstoff vier Gewichtstheile Wasserstoff kommen, und das sich hauptsächlich in Bergwerken und aus faulenden Körpern entwikkelt. Vorausgesetzt, daß es sich in den Gruben mit atmosphärischer Luft gemengt hat, bewirkt es, wenn es unglücklicher Weise irgend ein Feuer berührt, eine heftige Explosion. Wie wichtig für die Bergknappen ist daher nicht Davy's Sicherheitslampe! Die Entdekkung, daß keine Flamme durch ein enges Drathgewebe schlägt, rief diese gefahrlose Lampe ins Dasein.

Noch lenke ich eure Blikke: 1. auf die Wasserstoff-Zündmaschine; 2. auf den großen Apparat zur Gasbeleuchtung der Straßen, Theater, großen Wohnhäuser u. s. w.; endlich 3. auf die Erfindung der Luftbälle und deren Beschaffenheit.

1. Die Wasserstoff-Zündmaschine.

Der erste Haupttheil einer Wasserstoff-Zündmaschine ist ein Ballon, *b* (Fig. 106 s. f. S.), mit langem Halse; der zweite ein etwas größerer, jenem

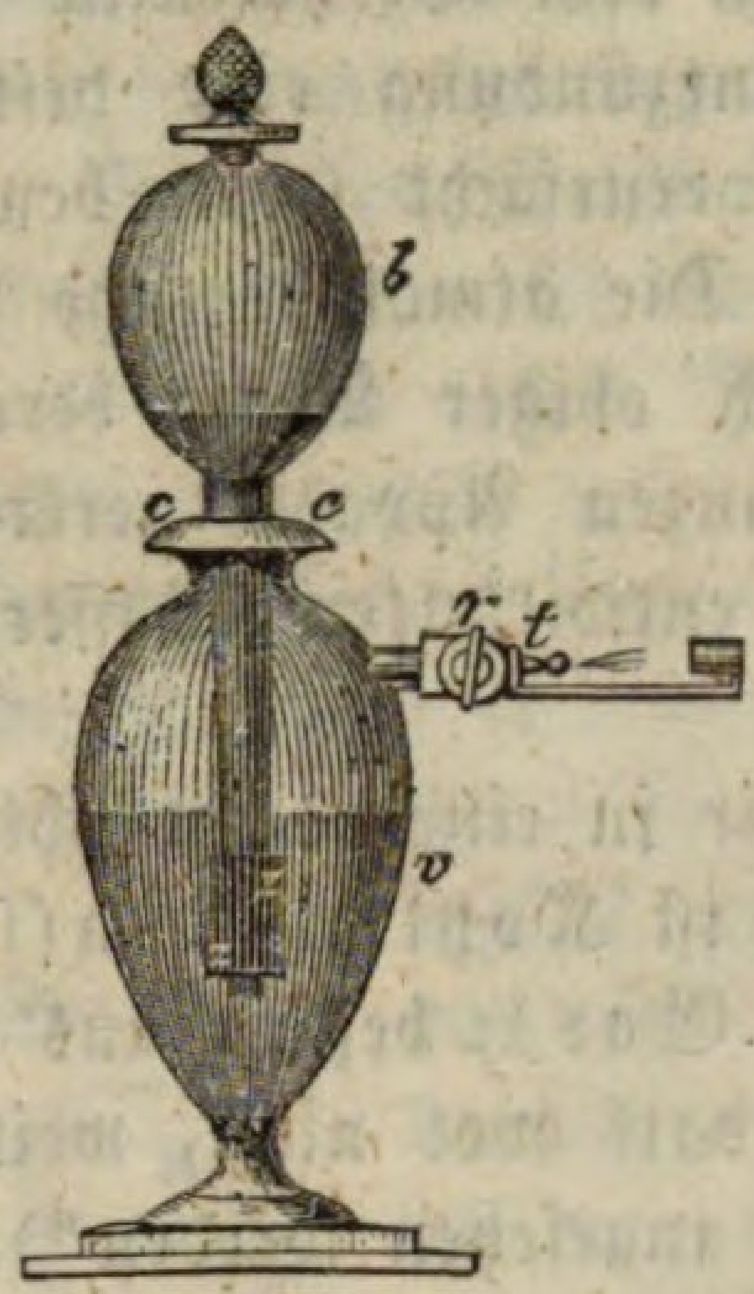
---

*) Die Irrlichter gleichen von Weitem brennenden Lichtern, die sich bald nach dieser, bald nach jener Seite bewegen. Kirchhöfe, Schlachtfelder, sumpfige Wiesen u. s. w. sind ihre gewöhnlichen Aufenthaltsörter. Leider kennen wir das Gas, welches sie hervorruft, noch immer nicht genau; aller Wahrscheinlichkeit nach dürfte es wol Phosphor-Wasserstoffgas sein, das sich an der Luft ohne fremde Hülfe entzündet. Daß selbst der geringste Windstoß die Irrlichter von einem Orte zum andern treibt, spricht für die große Leichtigkeit des hier obwaltenden Gases.

Den Erzählungen zufolge, welche uns die Geschichte aufbewahrt hat, müssen die Irrlichter in früherer Zeit zahlreicher, als gegenwärtig, gewesen sein (heute bezweifeln Einige sogar ihr Dasein), wahrscheinlich, weil die Wälder dichter, die Sümpfe ausgedehnter waren. Möchte das Volk doch endlich aufhören, sie für Gespenster, Tükkeboten u. s. w. zu halten, deren größte Freude darin bestehe, die Menschen in Furcht und Schrekken zu versetzen!

ähnlicher Ballon, *v*, in den der Hals von *b* gesteckt wird, aber den Boden nicht berühren darf; der dritte eine kurze Röhre, die an dem obern Ende des Ballons *v* wagerecht vorsteht, mit einem Hahne, *r*, und einer feinen Spitze, *t*, versehen ist. Um sie zu dem beabsichtigten Zwekke vorzurichten, gieße ich in *v* eine Mischung von Wasser und Schwefelsäure, hänge an das untere Ende des langen Halses einen hohlen Cylinder von Zink, *zz*, und verbinde bei *cc* beide Ballons luftdicht mit einander. Das Wasserstoffgas, welches sich sofort zu entwikkeln anfängt, steigt in die Höhe, drückt dann auf die unter ihr befindliche Flüssigkeit und treibt sie immer mehr in den Ballon *b*. zurück. Endlich tritt selbst der Cylinder *zz* über die Säure. Drehe ich nun den Hahn *r*, so strömt das stark verdichtete Wasserstoffgas aus der feinen Spitze *t* und entzündet den kleinen, vor jenem Theile angebrachten Platinaschwamm. So verschieden auch die Gestalt der Wasserstoff-Zündmaschinen sein möge; das Spiel bleibt doch bei allen immer dasselbe.

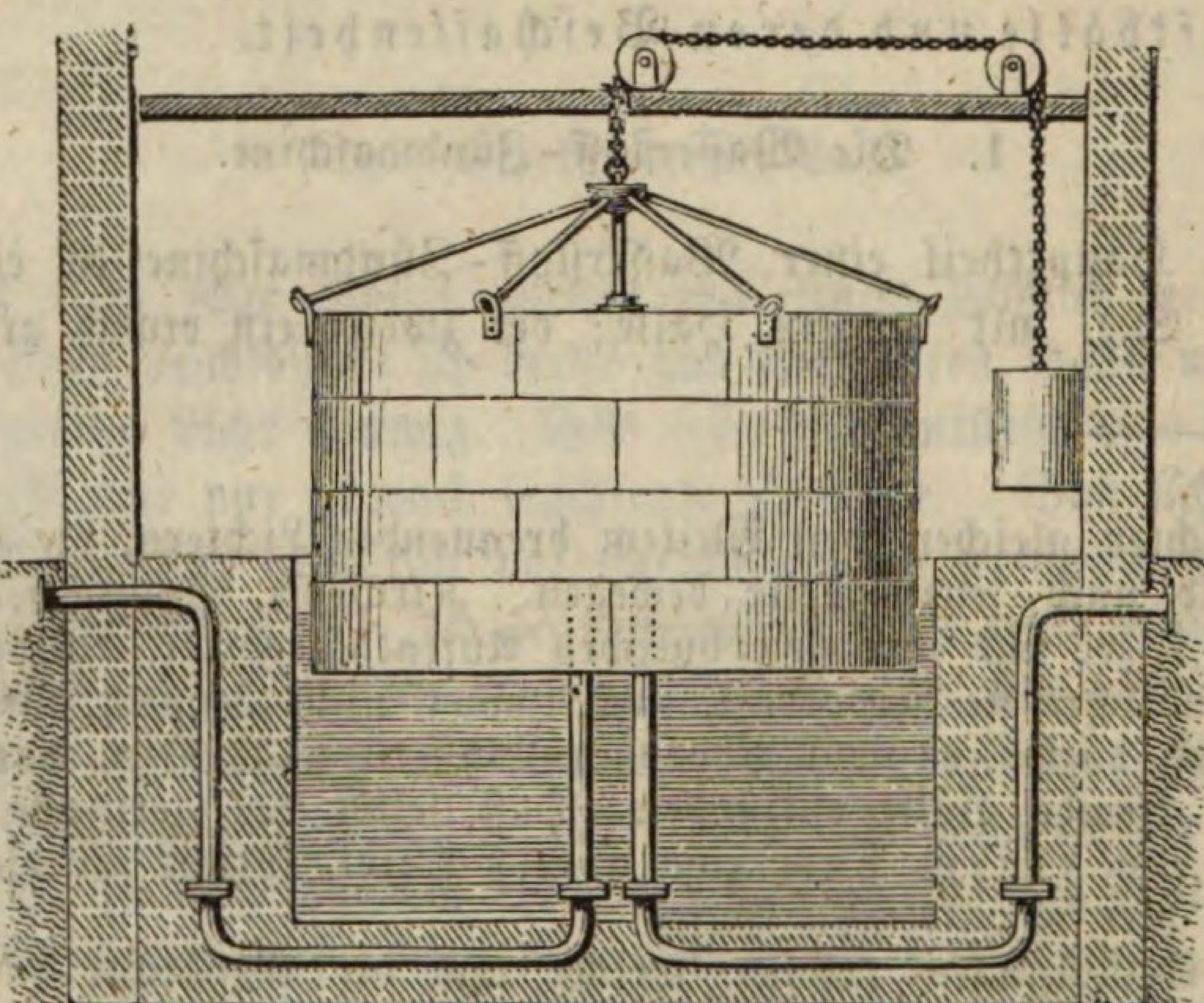
Fig. 106.



2. Das Gasbeleuchtungs-Gasometer.

Von dem Gasometer, das zur Gasbeleuchtung angewandt wird, erblickt ihr in Fig. 107 ein treues Bild. Der Cylinder desselben besteht aus Blech,

Fig. 107.



hat einen Durchmesser von mindestens 30 Fuß, ist oben verschlossen, taucht unten in eine große, mit Wasser angefüllte Cisterne, und erhält durch sein ganzes Gewicht das Kohlen-Wasserstoffgas, welches ihm aus einem eigenen

Apparate zugeführt wird, unter einem Drukke, der den Druck der Atmosphäre übersteigt. Mit Rücksicht auf die letztere Beschaffenheit erreicht denn aber auch das Wasser außerhalb des Cylinders eine ansehnlichere Höhe, als innerhalb desselben. Wie dies Alles, zeigt euch meine Abbildung noch zweierlei: 1. ein Gewicht, welches den Druck, den das Gas erleidet, geringer und auch regelmäßiger macht; 2. diejenige von unten aufsteigende Röhre, deren oberes, offenes Ende über dem Wasserspiegel im Cylinder sich befindet, und die sich in einer Menge enger, bleierner oder weißblecherner Röhren theilt. Letztere führen zu den einzelnen Lampen hin, aus denen das Gas, wann der Hahn gedreht wird, mit einer Geschwindigkeit hervorströmt, welche dem Druck im Gasometer entspricht. Bei der Füllung des Cylinders hat man dafür Sorge zu tragen, daß der Gasbereitungs-Apparat mit dem Innern des Gasometers in Verbindung kommt. Es verbreitet übrigens das Kohlen-Wasserstoffgas, zu dessen Entwikkelung man sich der Steinkohlen bedient, das schönste, hellste, geruchlose und auch von keinem Rauche begleitete Licht.

3. Die Luftbälle.

Schon in den ältesten Zeiten haben die Menschen Versuche gemacht, sich, gleich Vögeln, in die Luft zu erheben (die Fabel von Dädalus und Ikarus deutet unzweifelhaft darauf hin); sie liefen aber fast alle unglücklich ab, ja kosteten nicht selten den Wagehälsen ihr Leben. Dergleichen Erfolge reizten wenig zur Nachahmung. Als indeß der Engländer Cavendish um das Jahr 1766 die wichtige Entdekkung gemacht hatte, daß die brennbare Luft 10 bis 12 Mal leichter sei, als die atmosphärische, nahmen Einige jene Versuche wieder auf, und Doktor Black in Edinburg berechnete zuerst, daß eine mit diesem Gase angefüllte Blase in gewöhnlicher Luft emporsteigen müsse. Sowol er, als auch mancher Andere nach ihm, machte nun mehrere hierauf sich beziehende Experimente; sie brachten es aber Alle nur bis dahin, mit brennbarer Luft angefüllte Seifenblasen emporsteigen und an der Dekke des Zimmers zerplatzen zu sehen. Als die eigentlichen Erfinder der Luft-Schiff-fahrt stehen Stephan und Joseph Montgolfier da. In der Mitte des Novembers 1782 gelang es dem ältern Bruder, ein hohes Parallelepipedum, das 40 Kubikfuß Inhalt hatte und aus einem Stükke lyoner Taffet gemacht war, dadurch, daß er die in ihm enthaltene Luft vermittels angezündeten Papieres bedeutend verdünnte, in der Stube bis an die Dekke und im Garten 36 Fuß hoch schnell aufsteigen zu lassen. Eine andere Maschine von 650 Kubikfuß Inhalt erhob sich mit gleichem Erfolge. Nun erst beschlossen beide Brüder, den Versuch im Großen zu wagen; sie verfertigten deshalb eine Maschine von Leinwand, die 110 Fuß Umfang, gegen 23,000 Fuß Inhalt und nach ihrer eigenen Angabe höchstens 500 Pfund Schwere hatte. Das Gewicht der eingeschlossenen Luft belief sich über 2000 Pfund. Nehmen wir nun an, daß sie die Letztere durch ein Strohfeuer unter der Oeffnung der Maschine auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Dichtigkeit zurückbrachten; so war der Ballon nur etwa 1500 Pfund schwer, mithin um 500 Pfund leichter, als eine Menge der niedern atmosphärischen Luft von gleichem Volumen. Was sie erwartet hatten, ge-

schah; es dehnte sich nämlich der faltenreiche, an einem Gerüst aufgehängte Ballon zu einer Kugel aus; stieg nach der Loslassung der Stricke binnen 10 Minuten bis zu einer Höhe von ungefähr 6000 Fuß, und kam, 7200 Fuß von dem Orte des Aufsteigens entfernt, wieder auf die Erde herab. Dieser erste Versuch am 5ten Juni 17⸗3 zu Annonay im südlichen Frankreich erregte überall, namentlich aber in Paris ein ungeheures Aufsehen und brachte nicht wenige Denker in große Bewegung. Unter ihnen verdient der Professor Charles einen der ersten Ehrenplätze. Er war es nämlich, der den glücklichen Gedanken faßte, zur Füllung des Ballons das Wasserstoffgas zu benutzen, und in Luftbällen solcher Art, wie sie die Gebrüder Montgolfier anfertigten, Gefahr und Schwierigkeit zugleich erkannte: erstere, weil das in der Gondel enthaltene Feuer diese selbst, oder auch die Wände des Ballons ergreifen konnte; letztere, weil das Feuer, je nachdem der Luftschiffer höher oder tiefer steigen wollte, bald verstärkt, bald geschwächt werden mußte. »Wer aber hätte wol Beides ganz in seiner Gewalt?« Gesonnen, auch einen Ball in die Höhe steigen zu lassen, suchte er zuvörderst nach einer Hülle, welche mit der nöthigen Leichtigkeit die wichtige Eigenschaft verbände, dem Gase keinen Durchgang zu gestatten. Nach verschiedenen Versuchen bereitete er sie aus Taffet und überzog sie mit einem Firniß von elastischem Harze. Ein vollkommenes Gelingen krönte sein Verfahren. Als der Ballon am 22sten August 1783 gefüllt war, kündigte ein Kanonenschuß den Anfang des herrlichen Schauspieles an: die Stricke, welche ihn bis jetzt fest gehalten hatten, wurden zerhauen; und er stieg binnen 2 bis 3 Minuten gegen 3000 Fuß, verlor sich in eine Wolke, zeigte sich dann wieder etwas und verschwand zuletzt ganz aus dem Gesichtskreise der jubelnden Menge. Nach ungefähr drei Viertelstunden kam er in der Nähe eines von Paris zwei Meilen enfernten Dorfes wieder zur Erde herab. Zwei Bauern, die dort mit Feldarbeit beschäftigt waren, warfen, als sie ihn sahen, nach dem vermeintlichen Thiere; keiner ging anfangs bis zu der großen Maschine hin; erst, wie sie bemerkten, daß dieselbe regungslos dalag, faßte sich der eine Mann ein Herz, nahte sich ihr, und steckte sogar in einen Riß, den sie während der Luftreise bekommen hatte, seinen Kopf. Wie leicht hätte er diese Neugier mit dem Leben bezahlen können! denn noch war etwas von der übelriechenden, zum Einathmen ganz untauglichen brennbaren Luft in ihr zurückgeblieben. Beide Männer banden zuletzt den Ballon an den Schweif eines Maulesels und schleiften ihn bis vor die Thür ihres Pfarrers hin.

Nun folgte eine Luft-Schiff-fahrt nach der andern. Schon nach wenigen Wochen ließ der eine Montgolfier eine Maschine dieser Art, welche eine Höhe von 60 und einen Durchmesser von 40 Fuß hatte, zu Versailles aufsteigen, und genoß die Freude, das Schaf, den Hahn und die Ente, welche in einem Korbe die Luftreise mitmachen mußten, auf die Erde wohlbehalten zurückkommen zu sehen. Sowol er, als auch Pilatre de Rozier machten dann ernstlich Anstalt, selbst mit in die Höhe zu steigen; letzterer übte sich fast täglich in der neuen Kunst, und nahm, um das Feuer unterhalten und länger in der Luft bleiben zu können, Strohwische mit sich. Der überaus merkwürdige Tag, an welchem er und d'Arlandes im Angesichte einer unzähligen Menschenmenge sich erhoben, ist der 21ste November 1783; Nachmittags gegen 2 Uhr

stiegen sie in einem Ballon, zu dessen Füllung mit verdünnter atmosphärischer Luft sie acht Minuten gebraucht hatten, vom Schlosse la Muette in die Luft. Welch' ein Anblick! Jahrtausende waren vergangen, und noch hatte Niemand die Kühnheit gehabt, sich über Berge und Wolken bis in die unendliche Bläue des Himmels zu verlieren; erst jetzt sah man ein solches Schauspiel, und zwar, wie es nicht anders der Fall sein konnte, mit ängstlicher Besorgniß. Da hörte man kein Händeklatschen, kein Zujauchzen des versammelten Volks. — Gesonnen, über die Kraft, mit welcher der Ballon sich erheben würde, einige Untersuchungen anzustellen, befahl Montgolfier den dienstthuenden Leuten, die Strikke, an denen er befestigt war, nicht sogleich fahren zu lassen. Dies gewaltsame Zurückhalten verursachte aber in dem obern Theile der Maschine einen Riß. Wieviel Andere würden eine solche Erscheinung für ein warnendes Zeichen betrachtet und sich von dem Wagniß für immer haben abschrekken lassen! Nicht so Rozier und d'Arlandes. Sie bestiegen, nachdem die schadhaften Stellen ausgebessert waren, zum zweiten Mal die Maschine, überließen sich dem Winde und beruhigten die Zuschauer durch wiederholtes Schwenken ihrer Hüte und Schnupftücher von der Höhe herab. Die Menschenmenge erschien ihnen bald wie ein Ameisenhaufen, bald entzog sie sich ihrem Gesichtskreise ganz. Der Marquis d'Arlandes vergaß, über das ungewöhnliche Schauspiel aufs höchste entzückt, das ihm übertragene Geschäft, so daß Rozier ihm zurufen mußte: »sie thun ja gar nichts; wir steigen schon lange nicht mehr!« Als er später eine zu große Gabel voll Stroh in die Flamme geworfen hatte, erhob sich der Ballon mit einer furchtbaren Geschwindigkeit. Plötzlich hörten sie vom obern Theile her ein Krachen; auch fühlten sie, während sie wechselsweise auf und nieder stiegen, eine eigenthümliche Erschütterung. Ein zweites Krachen machte ihre Besorgniß von Neuem rege. Wie sie hierauf genauer, als das erste Mal, die nöthigen Untersuchungen anstellten, bemerkten sie, daß das Feuer in den untern Theil der Maschine einige Löcher gemacht hatte, nnd daß auch die Gallerie, welche ohnehin nur aus leichtem Korbwerke bestand, an mehrern Stellen nicht mehr festhalten wollte. Unter solchen Umständen war es allerdings nicht räthlich, dort oben noch länger zu verweilen; sie traten daher, nachdem sie zuvor noch vermittels nasser Schwämme das Feuer an den gefährlichsten Stellen gelöscht hatten, ihre Rückfahrt an, und genossen in Kurzem die unbeschreibliche Freude, die Erde nach 25 Minuten glücklich wieder zu betreten. D'Arlandes wurde von dem herbeigeströmten Volke im Triumph nach Hofe geführt; Rozier, der während des Aussteigens in großer Gefahr gewesen war, durch das Feuer sein Leben zu verlieren, konnte sich unmöglich im bloßen Hemde der jubelnden Menge zeigen. Letztere hatte nämlich seinen abgeworfenen Rock zerrissen, und zankte sich nun um die Stücklein desselben, wie um eine Reliquie.

Einige Tage später, nämlich am 1sten Dezember 1783, unternahmen Charles und Robert eine zweite Luftfahrt; sie bestiegen auf einem großen, freien Platze der Stadt Paris die Gondel ihres mit Wasserstoffgase gefüllten Ballons und erhoben sich in Gegenwart von 300,000 Menschen schnell bis zu einer Höhe von 1800 Fuß. Endlich verschwanden sie ganz aus dem Gesichtskreise der Menge. Unbekümmert um jede Gefahr, die ihnen so leicht hätte zustoßen können, schwebten sie im hohen, weiten Himmelsraume dahin, und

labten sich an den Speisen und Getränken, die sie zu ihrer Erquikkung mitgenommen hatten. Endlich kamen auch sie wieder glücklich zur Erde herab. Robert verließ sogleich die Gondel; Charles indeß, der den Entschluß gefaßt hatte, sich noch ein Mal in die Luft zu erheben, blieb im Ballon zurück. Diese Kühnheit konnte er leicht mit dem Leben bezahlen. Durch das Aussteigen Robert's um 130 bis 140 Pfund erleichtert, erhob sich nämlich die Maschine von Neuem, erreichte in wenigen Sekunden die Höhe von 9000 Fuß, und wäre, hätte nicht der besonnene Schiffer vermittels einer in ihr befindlichen Klappe eine Menge des eingesperrten Gases entweichen lassen, unfehlbar zerplatzt. Jene Klappe verfügt in Wahrheit über des Luftfahrers Leben und Tod. Als Charles zum zweiten Mal in die Höhe stieg, ging so eben für die Einwohner von Paris die Sonne unter; er erreichte jedoch die Königin des Tages von Neuem, und genoß so das prachtvolle Schauspiel, sich und sein Schiff, während die Erde bereits in Dunkel eingehüllt war, im Glanze jenes mächtigen Gestirnes zu erblikken. Noch immer unter der lieblichen Bläue des Himmels hineilend, stand er lange gedankenvoll da, schaute in die grenzenlose Tiefe des Weltenraumes, und sah, wie sich aus den Thälern und Flüssen zahllose Dunsttheilchen erhoben, wie eine Wolke nach der andern der Erde entstieg, und ihn, den Einsamen, gleichsam freundlich begrüßten. Endlich ging für ihn die Sonne zum zweiten Mal unter, und der Mond beleuchtete das erhabene Spiel der Natur. Nach ungefähr einer halben Stunde, von der Zeit des Aufsteigens angerechnet, landete der berühmte Mann sanft und glücklich auf einem Brachfelde.

Unter den spätern Luftfahrern hat sich durch seinen Eifer in der neuen Kunst besonders Blanchard ausgezeichnet; er war es z. B., der seine Maschine, um sie willkürlich steigen und fallen zu lassen, mit Flügeln und Rudern versah. Der Erfolg entsprach indeß seinen Erwartungen nicht. Nachdem er bereits mehrere Luftreisen gemacht hatte, entschloß er sich, über den 5 Meilen breiten Kanal zwischen England und Frankreich zu fahren, und bestieg in dieser Absicht den 7ten Januar 1785 Nachmittags gegen 1 Uhr, von Doktor Jeffries, einem furchtlosen Amerikaner, begleitet, die verhängnißvolle Gondel. Sie erhob sich. Der allgemeinen Stille, welche anfangs auch dies Mal unter den Zuschauern herrschte, folgte in Kurzem, als er ihnen durch das Schwenken einer Fahne seinen Abschiedsgruß darbrachte, ein unbeschreiblicher Jubel. Nach 2 Stunden 32 Minuten stieg er eine Meile von Calais glücklich ans Land. Bei seinem Einzuge in diese Stadt ertönten die Glokken, donnerten die Kanonen, und er selbst wurde mit dem Ehrenbürger-Rechte beschenkt.

Indeß nicht jede Luftreise fiel so nach Wunsche aus. Pilatre de Rozier z. B. wollte (seine Gründe dafür sind nicht bekannt) verdünnte atmosphärische Luft mit Wasserstoffgase verbinden, und brachte zu diesem Zweck zwei Ballons, von denen der untere mit jener, der obere aber mit dieser Flüssigkeit begabt war, über einander an. Hieß das nicht unter ein Pulvermagazin einen Ofen anlegen?« — Er starb, wie er den Kanal zwischen England und Frankreich in umgekehrter Richtung zu durchschiffen gedachte, als ein Opfer seiner unglücklichen Erfindung.

Drei Fragen sind es, die ich euch zum Schluß über die Luft-Schiff-fahrt noch zu beantworten habe: 1. welche Lasten hebt ein Ballon von einer

bestimmten Größe? 2. wie steht es mit seiner Steigekraft? und 3. welche Mittel besitzen die Luftfahrer, ihre Maschine willkürlich bald nach oben, bald nach unten steigen zu lassen? —

Die Antwort auf die erste Frage kleide ich in zwei Beispiele ein, von denen das eine auf einen Ballon, der mit Wasserstoffgase, das zweite hingegen auf einen andern, der mit verdünnter atmosphärischer Luft gefüllt war, sich bezieht. — Jene kleine Maschine, welche man 1784 zu Braunschweig steigen ließ, hatte 5 Fuß im Durchmesser, wog 1 Pfund 8 Loth und enthielt 5 Pfund 20 Loth atmosphärische Luft. So wißt ihr denn, wieviel solche Luft sie aus der Stelle verdrängte, und was sie, in dieselbe getaucht, von ihrer absoluten Schwere verlor. Ziehen wir 1 Pfund 8 Loth von 5 Pfund 20 Loth ab; so erhalten wir in dem Reste, also in 4 Pfund 12 Loth, dasjenige Gewicht, um welches sie leichter war, als eine gleich große Menge gewöhnlicher Luft. Das Wasserstoffgas ferner, welches die Maschine beherbergte, wog gegen 1 Pfund 12 Loth. Nehmen wir dieses Gewicht von dem obigen Unterschiede hinweg, so bleiben uns nur noch 3 Pfund übrig. Diese bestimmten die Steigekraft; »mußte sich mithin der Ball nicht fast pfeilschnell in die Höhe erheben?« — Der große Ball, den Montgolfier am 5ten Juni 1783 steigen ließ, hatte 35 Fuß Durchmesser und wog nach der eigenen Angabe des Verfertigers 500 Pfund. Eine Maschine von solchem Umfange aber ist gegen 1656 Pfund leichter, als eine gleich große Menge atmosphärischer Luft (11 Kubikfuß dieser Luft wiegen ungefähr 1 Pfund), welche sie aus der Stelle verdrängt. So viel jedoch betrug die Steigekraft jenes Ballons nicht; denn die Luft in dem Innern desselben war höchstens um die Hälfte verdünnt, besaß also noch eine Schwere von 1078 Pfund. Erst, wenn ihr auch dieses Gewicht von 2156 Pfund abgezogen habt, lernt ihr in 578 Pfund, als dem Reste, die Kraft kennen, mit der sich jene Maschine in die Höhe erhob. Von einer Belastung derselben ist freilich hierbei nicht die Rede.

Sobald der Ballon zu steigen beginnt, erreicht er mit jedem Augenblick eine dünnere, weniger auf ihn drückende Luft; wäre er daher schon unten vollkommen gefüllt, so würde ihn in größerer Höhe die innere Luft vermöge ihrer Elasticität stark ausspannen und zu zersprengen drohen. »Welche Vorsichts-Maßregeln ergeben sich wol hieraus für den Luftschiffer?« keine wichtigern, als daß er 1. an seinem Ballon eine Klappe anbringt, mittels deren er beliebig viel Luft ausströmen lassen kann; und daß er 2. denselben nie so bedeutend mit Wasserstoffgase anfüllt, daß er schon im Augenblick des Aufsteigens ganz aufgebläht erscheint. Es sei beispielsweise ein Ballon an der Oberfläche der Erde nur zur Hälfte mit Wasserstoffgase, dabei aber mit der nöthigen Steigekraft begabt. Ganz in demselben Maße nun, in welchem er sich erhebt, wird auch das in ihm befindliche Gas, indem er stets dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten sucht, sich ausdehnen; in dem nämlichen Verhältnisse ferner, in dem sich die Schwere der äußern Luft nach oben hin verringert, nimmt das Volumen des Ballons zu. Die Steigekraft bleibt folglich auch in den höhern Luftschichten unverändert dieselbe.

Um das Steigen ihrer Maschine willkürlich zu bewirken, bedienen sich die Luftschiffer verschiedener Mittel: auf eins derselben, nämlich auf das Oeffnen und das Verschließen eines Ventils im obersten Theile des Ballons, habe ich

euch schon früher aufmerksam gemacht; ein anderes Mittel bieten ihm einige Säkke voll Sand dar. Will er höher steigen, so wirft er einen Theil dieser Masse hinaus und verringert dadurch die Schwere des Ballons. Zu welcher Höhe er sich übrigens auch erheben möge; nie darf er sich seines Ballastes ganz entledigen: denn hat er vermittels des Strikkes, der bis zu ihm herabreicht, die verhängnißvolle Klappe geöffnet; so senkt sich der Ballon mit dem Ueberschusse seines Gewichtes, und erlangt, sich selbst überlassen, eine Geschwindigkeit, die ihm sehr gefährlich werden kann. Eben nun leisten die Sandsäkke vortreffliche Dienste. Entledigt sich nämlich der Luftschiffer vorher, und zwar allmälig, des Ballastes, den er noch bei sich hat; so hält die fortschreitende Gewichtsverminderung der beschleunigten Geschwindigkeit zum Theil die Wage, und bewirkt nicht blos, daß die Maschine sanft herabsinkt, sondern gestattet auch dem Luftschiffer, sie, wenn der Ort des Aussteigens Gefahr darbieten sollte, selbst noch in kleinen Entfernungen von der Erd-Oberfläche anzuhalten. Leider beschränken sich alle diese Mittel nur auf die senkrechte Bewegung; Mittel, die wagerechte zu bestimmen, giebt es nicht. Steuer und Ruder sind wol bei Wasser-, nicht aber auch bei Luft-Fahrzeugen zu gebrauchen. Das einzige Mittel der Luftschiffer, ihren Ballon möglichst zweckmäßig zu halten, besteht darin, die Richtung des Windes aufzusuchen, welche sie noch am ersten zu ihrem Ziele führt.

Mit der Kunst, sich in die Luft zu erheben, haben Garnerin, der dieselbe mit unglaublicher Kühnheit betrieb, und noch so mancher Andere nach ihm, eine ihr ähnliche, nämlich aus jenen Höhen unbeschädigt sich herabzulassen, zu verbinden gesucht. Auch über sie theile ich euch das Nothwendigste mit. — Der Fallschirm (so heißt das Werkzeug, dessen sie sich bedienen) nimmt, dicht zusammengelegt, nur einen geringen, ausgebreitet aber, einen sehr ansehnlichen Raum ein, und verhütet in letzterer Lage, weil ihm nun die Luft eine große Kraft entgegensetzt, ein allzu schnelles Fallen der mit ihm verbundenen Belastung. Am 25sten Oktober 1797 ließ Garnerin vermittels eines solchen Schirmes sich aus einer Höhe von 1200 Fuß glücklich zur Erde herab. Wer sich der Berechnungen erinnert, die ich früher über den Widerstand der Luft angestellt habe, muß auch die Mittel übersehen, durch die wir bei der bekannten Größe eines Fallschirmes und dessen Belastung die Geschwindigkeit finden, welche ein in der Luft sinkender Körper höchstens erlangen kann Möchte man doch das neue Werkzeug eines ganz andern Zwekkes wegen seiner Vollkommenheit näher führen! Es ist nämlich nicht selten der Fall, daß bei Feuersgefahren Menschen, welche die obern Stockwerke eines Hauses bewohnen, genöthigt sind, sich von einer bedeutenden Höhe herabzustürzen; und man hat daher mit Recht gefragt, welche Sicherheit es wol gewähren dürfte, wenn sie sich hierbei eines großen, leichten Fallschirmes bedienten.

In unsern Zeiten sind die Luftreisen ziemlich in Vergessenheit gekommen. So lange sie keinen andern Zweck haben, als dem Volke ein angenehmes Schauspiel zu gewähren, ist an ihnen auch nicht sonderlich viel gelegen. Franklin, jener berühmte Nordamerikaner, nannte sie, wie sie eben ins Dasein getreten waren, ein Kind, und hoffte, daß einst aus ihnen ein herrlicher Mann werden würde; »in wieweit ist seine Hoffnung in Erfüllung gegangen?« — Zwar hat man angefangen, die Luftfahrten zu wissenschaftlichen Zwekken zu benutzen, z. B. durch sie den Stand des Barometers, die Temperatur, die

Elektricität u. s. w. der obern Luft zu beobachten; allein der hieraus geschöpfte Nutzen bleibt doch immer sehr gering, weil theils nur selten wohlunterrichtete Physiker Luftreisen angestellt haben, theils in dem schwankenden, nie einen sichern Standpunkt darbietenden Schifflein sich nur wenige Untersuchuugen anstellen lassen.

d. Die Kohlensäure.

Da liegt ein Stück Kreide. Indem ich jetzt auf sie einige Tropfen verdünnter Schwefelsäure gieße (es könnte auch so manche andere Säure sein), braust sie auf und entwikkelt eine mit ganz besondern Eigenschaften begabte Luft. Nicht nur aus Kreide, sondern auch aus Kalk, Marmor u. dgl. steigt sie, auf gleiche Art mit einer solchen Säure zusammengebracht, in reichem Maße empor. Ich verbrenne ferner eine gewöhnliche Steinkohle. Auch hierdurch errege ich eine Menge solcher Luft, die mit jener fast vollkommen übereinstimmt. Endlich ziehe ich aus einer Flasche mit Bier den Pfropfen. Indem ich aber Dies thue, sehen wir einen Dampf, hören einen Knall und empfinden einen säuerlichen Geruch. Dies Alles sind Zeugen von dem Vorhandensein jener Luft aus Kohle und Kreide. Merket!

1. Die Luft, welche ihr so eben auf verschiedenen Wegen kennen gelernt habt, heißt Kohlensäure, auch wol, gewiß aber unpassend, fixe oder feste Luft, und besteht aus einem Theile Kohlen- und zwei Theilen Sauerstoff.

2. Die Kohlensäure entwikkelt sich bei dem Verbrennen des Graphits, Diamants, Holzes, der Steinkohle, überhaupt aller kohlenstoff-haltiger Körper, — ferner bei dem Athmungs-Processe der Thiere, dem Gährungs-Processe des Weines, Bieres u. dgl. m.

3. Sie ist farblos, riecht säuerlich, röthet angefeuchtetes Lackmus-Papier, bewirkt, eingeathmet, Schwindel, Betäubung, ja selbst den Tod, und ist über $1\frac{1}{2}$ Mal so schwer, als die atmosphärische Luft. Durch die letztere Eigenschaft wird es uns möglich, sie aus einem Gefäß in ein anderes zu schütten. Jetzt befindet sie sich z. B. in dem Glase zu meiner rechten Hand. Um euch hiervon zu überzeugen, stekke ich in dasselbe zuerst ein brennendes Licht und dann eine lebendige Maus. Das Licht verlischt, und der kleine Säuger stirbt. Wie hell dagegen brennt das Licht in dem Glase zu meiner linken Hand, und wie munter krabbelt noch immer mein anderes Mäuschen an den Wänden desselben umher! Nun aber halte ich die Oeffnung jenes Glases über mein zweites Gefäß. Kaum habe ich Dies gethan; so seht ihr auch schon, wie das Licht verlischt und die Maus ihr Leben aushaucht.

4. Sie ist in der Natur sehr verbreitet, und findet sich jederzeit, jedoch nur in einer geringen Menge, in der atmosphärischen Luft. An einigen Stellen, z. B. in der Dunsthöhle bei Pyrmont, am Laacher See u. s. w., strömt sie ununterbrochen aus der Erde hervor. Am merkwürdigsten bleibt immer die Hundsgrotte bei Neapel; es liegt

nämlich auf dem Boden derselben eine Schicht Kohlensäure, die am vordern Ende kaum einige Zoll, am hintern aber zu 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuß emporsteigt.

5. Sie spielt besonders bei vielen unserer Getränke und Gesundbrunnen eine wichtige Rolle. — Sind z. B. Wasser, Bier und Wein nicht von ihr durchdrungen, so erscheinen sie schal, matt, ja entbehren alles Geschmacks. Wer ferner weiß, wie es mit den Bestandtheilen der genannten Brunnen steht, und auch die Kunst, Kohlensäure in Menge zu erzeugen, erlernt hat, kann sich offenbar solche Wasser bereiten, die an Güte und Geschmack bald dem selter, bald dem pyrmonter, bald irgend einem andern berühmten Wasser nahe kommen.

6. Sie bildet, jedoch eigentlich nicht sie, sondern das Kohlen-Oxydgas, welches nur halb so viel Sauerstoff, als die Kohlensäure, enthält, geruchlos ist und sich anzünden läßt, die blauen Flämmchen, welche immer über den glühenden Kohlen wahrzunehmen sind. — Die Oefen dürfen daher vor dem Erlöschen dieser Flämmchen nicht geschlossen werden. Eben so gefährlich, als sie, erscheinen in den Zimmern Bekken mit glühenden Kohlen.

Fünfter Abschnitt.

Der Schall.

---

§. 1.

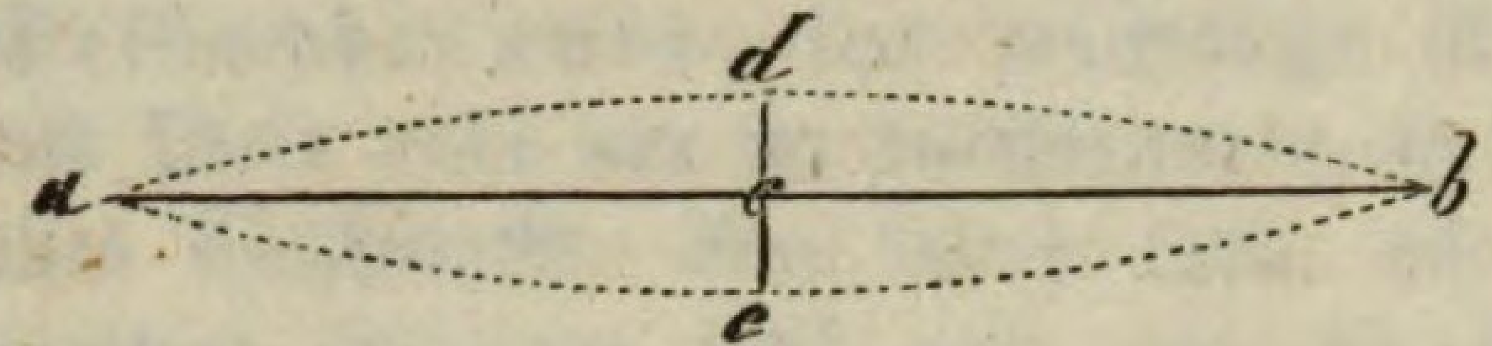
Die Entstehung des Schalles.

Heute streiche ich zuvörderst die eine Saite meiner Violine an. Daß dadurch ein Schall entsteht, und auch so lange fortdauert, als die Saite hin und her schwingt, ist das Ergebniß des einfachen Experimentes. Hierauf lasse ich den Klöppel einer kleinen Glokke anschlagen. Und sehet! die Sandkörnlein, mit denen sie überstreut worden ist, fangen gleichsam zu tanzen an; gar viele hüpfen über den Rand hinweg; und nur wenige, die nämlich so glücklich gewesen sind, ihre Plätze auf gewissen Punkten der Glokke erhalten zu haben, bleiben in Ruhe. Es muß sich mithin die Glokke, während sie uns den Schall hören läßt, eben so in schwingender Bewegung befinden, wie irgend eine Saite einer Violine, Harfe, eines Klaviers u. s. w., die ja auch, wann sie ertönt, beinahe jedes zusammengekniffene, auf sie leicht hingelegte Papierstückchen abwirft. Mit Rücksicht auf die bezeichneten Erscheinungen nenne ich den Schall vorläufig eine Wirkung der Schwingungen elastischer Körper. — Achten wir ferner: 1. auf das Knarren mancher Thüren, das Pfeifen vermittels des Mundes, überhaupt auf die Wirkung jeder Luftmenge, welche sich durch eine enge Ritze drängt; 2. auf die Schälle, welche wir bei dem Zerreißen seidener oder leinener Zeuge, oder bei dem Hinwegführen eines Fingers über eine polirte Fläche u. s. w. wahrnehmen; so gelangen wir zu der neuen Wahrheit, daß der Schall nicht blos durch die Schwingungen vollkommen elastischer Körper, z. B. der Saiten musikalischer Instrumente, der Federn in Spieluhren, Spieldosen u. s. w., sondern auch durch die Erschütterungen anderer, die nämlich wenig Elasticität besitzen, entsteht.

Der einfachste Fall bleibt immer das Schwingen einer gespannten Saite. Stellet euch vor, ich versetzte die Saite *acb* (Fig. 108), indem ich sie in ihrer Mitte anfaßte, aus ihrer geraden Lage in die gebogene *adb*! »würde sie etwa dann nicht, wenn ich sie wieder sich selbst überließe, kraft ihrer Elasticität in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren suchen?« Offenbar befindet sie sich dabei bis *acb* hin in stetig beschleunigter Bewegung. So ist denn aber hier ihres Bleibens nicht; sie schwingt vielmehr mit gleichförmig beschleunigter Be-

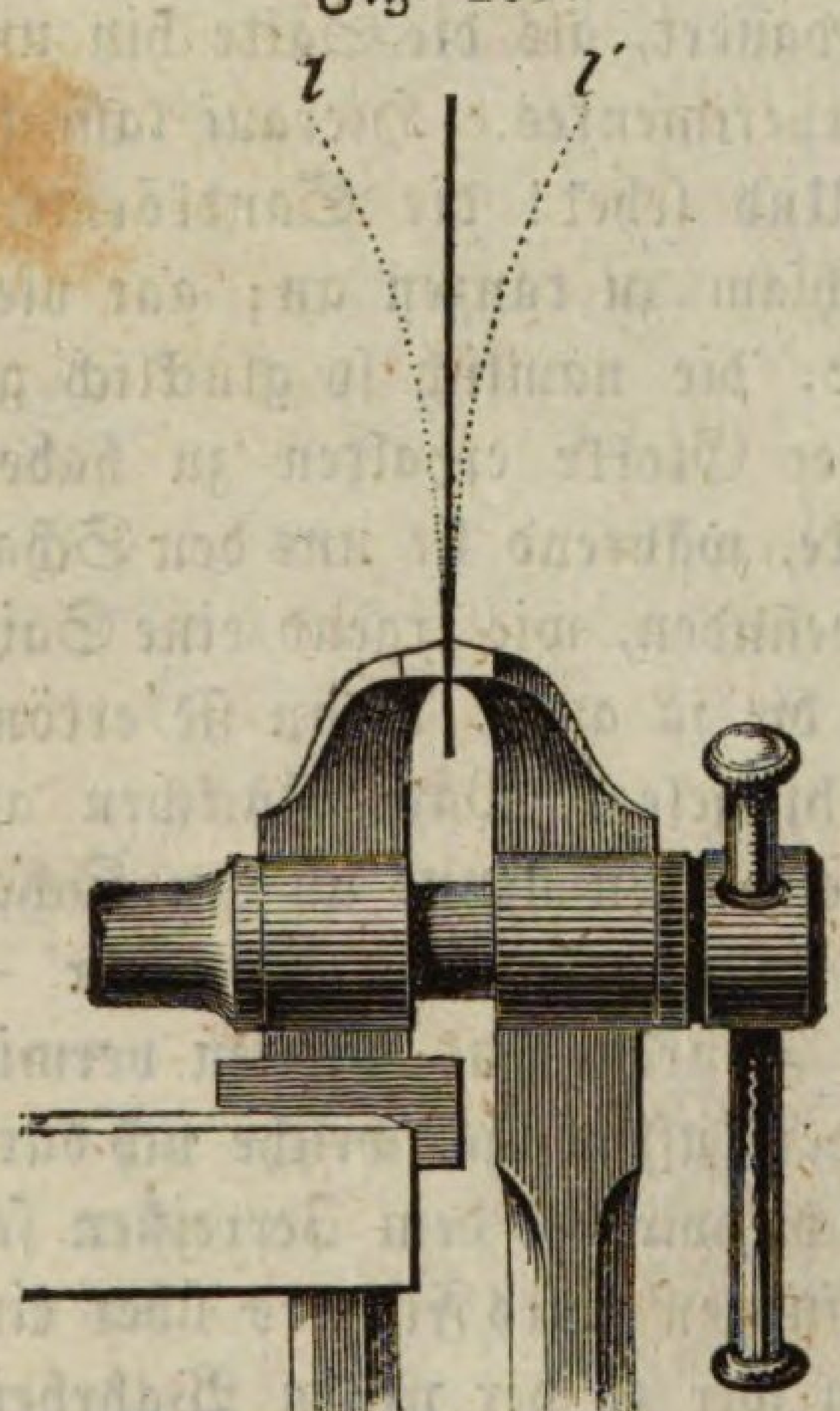
wegung bis nach *aeb*, tritt dann ihren Rückweg an, kommt zum zweiten Male fast bis *adb* u. s. w.: kurz, sie schwingt mit abnehmender Schnelle so lange hin und her, bis ihre Kraft erloschen, d. h. ihre Geschwindigkeit auf Null herabgesunken ist. Die Ursache zu dieser Erscheinung haben wir bereits bei der Betrachtung des Pendels kennen gelernt; nur Das wissen wir noch nicht, daß die Bewegung der Saite aus der Lage *adb* bis wieder zurück nach *adb* eine ganze Oscillation oder Schwingung und die Dauer derselben die Schwingungszeit genannt wird.

Fig. 108.



Um euch mit der Entstehung des Schalles noch gründlicher bekannt zu machen, spanne ich das eine Ende eines geraden, sehr langen, auch überall gleich dikken Stabes von Metall (er könnte auch aus Glas bereitet sein) in einen Schraubstock und lasse das andere Ende desselben vollkommen frei (Fig. 109). Hierauf streiche ich ihn vermittels eines starken, gut geharzten Violinbogens an, und er macht, weil ich ihn so vorgerichtet habe, genau in einer Sekunde auch nur eine Schwingung. Befestige ich nun weiter hinter einander blos die Hälfte, ein Drittel, ein Viertel, ein Fünftel u. s. w. des Stabes, und zwar stets auf die bezeichnete Weise; so werdet ihr finden, daß die Schwingungen um so schneller auf einander folgen, je mehr der Stab verkürzt worden ist. Und ich füge hinzu: es schwingt in einer Sekunde die Hälfte 4, das Drittel 9, das Viertel 16, das Fünftel 25 Mal u. s. w. Meine Versuche sollen euch nur lehren, daß nicht jeder in Schwingungen versetzte Körper einen Ton giebt, sondern daß Dies erst eintritt, wenn die Schwingungen in einer gewissen Schnelle auf einander folgen. Gelehrte Leute, die sich viel und gründlich mit dem Schalle beschäftigt haben, behaupten, daß, wenn ein Schall gehört werden soll, in einer Sekunde mindestens 32 Schwingungen erfolgen müssen. Dies stimmt auch mit unsern Erfahrungen überein; denn erst vom Sechstel des Stabes an, das in der bezeichneten Zeit 36 Schwingungen macht, vernahmen wir einen Schall.

Fig. 109.



Der Schall hängt endlich nicht minder von dem Dasein der Luft ab. Auch Dies kann ich euch zeigen, ohne dabei auf bedeutende Schwierigkeiten zu stoßen. Ihr seht hier eine kleine Glokke; merket nun auf, obwol sie auch noch dann tönen werde, wenn ich sie unter eine Glokke meiner Verdünnungspumpe gesetzt und dieselbe beinahe von aller Luft frei gemacht habe! Es

erfordert übrigens mein Experiment, falls es gelingen soll, eine eigene Vorsicht; ich darf nämlich bei ihm nicht verabsäumen, den Recipienten auf eine solche weiche Masse zu befestigen, die ihre Schwingungen entweder gar nicht, oder doch nur sehr gedämpft fortpflanzen kann. Vielleicht kein anderer Stoff eignet sich hierzu besser, als einige mit einander verbundene, jedoch nicht fest zusammengedrehte Hanffäden. Lasse ich nun den Klöppel an die Glokke schlagen, während die Luft noch ihre ursprüngliche Dichtigkeit hat; so hören wir sehr deutlich einen Schall: thue ich Dies aber erst dann, wenn die beabsichtigte Verdünnung derselben bereits erfolgt ist; so gewahren unsere Ohren, die Glokke mag noch so stark gerüttelt werden, auch nicht das Geringste mehr. Als gute Stellvertreter der Luft stehen die Dämpfe da. Wer sich hiervon überzeugen will, hänge in einen großen Ballon (Fig. 110) ein Glöckchen an ungedrehten Hanffäden auf, und bringe in ihn, wenn er luftleer geworden ist, einige Tropfen einer flüchtigen Flüssigkeit. Sofort bilden sich Dämpfe, und der Schall wird wieder hörbar. »Welches Merkmal müssen wir daher unserer obigen Erklärung über den Schall hinzufügen?«

Fig. 110.



Der Schall heißt: 1. Ton, wenn wir seine Höhe oder Tiefe bestimmen können; 2. Geräusch, das bald in einem Sausen, Zischen, Knistern, bald in einem Pochen, Knarren, Gemurmel u. dgl. besteht, wenn uns Solches nicht möglich ist; 3. Knall, wenn eine der Erschütterungen unserer Gehör-Werkzeuge, natürlich die erste, eine so bedeutende Kraft besitzt, daß jede nachfolgende ihrer verhältnißmäßigen Schwäche wegen unbeachtet bleibt; 4. Laut, wenn er durch ein lebendes, vorzugsweise menschliches Wesen erzeugt wird; 5. Klang, wenn er... Was unter Klang zu verstehen ist, läßt sich wol fühlen, aber nicht erklären. Wir sagen mit Recht: »die Trompete hat einen andern Klang, wie die Violine, die Posaune einen andern, wie die Klarinette,« — ganz mit Unrecht aber: »dieses oder jenes Instrument hat einen guten Ton;« es muß vielmehr auch hier heißen: »einen guten Klang.«

§. 2.

Die Fortpflanzung des Schalles.

Jedes Wahrnehmen irgend eines Schalles besteht in der Erschütterung unserer Gehör-Werkzeuge. Nun aber muß diese Erschütterung nothwendig die Folge irgend einer Bewegung sein; es fragt sich daher: »wo treffen wir die letztere an?« zuvörderst doch wol bei dem schallenden Körper. Euch nun zu erörtern, wie dieselbe von dort aus bis zu unsern Ohren geleitet wird, sei mein nächstes Geschäft.

Ich gehe bei ihm von dem Knalle einer Kanone aus, und nehme an, derselbe sei durch eine einzige Erschütterung hervorgebracht worden. In dem Augenblikke, da die Explosion des Pulvers und das Auswerfen der Kugel erfolgen, bildet sich im Laufe jenes Geschützes ein luftleerer Raum, und es strömt, damit das verloren gegangene Gleichgewicht wieder hergestellt wird,

andere Luft mit Schnelligkeit herbei. Offenbar entsteht dadurch um die Kanone ein Raum mit äußerst verdünnter Luft. Wie vorhin jener innere, wird nun auch dieser äußere Raum sogleich wieder verdichtet; es dringt nämlich in ihn diejenige Luft, welche ihn zunächst umgiebt, und bekümmert sich gleichsam darum wenig, daß nun auch hinter ihr ein beinahe luftleerer Raum gebildet wird. So folgen denn Verdünnungen und Verdichtungen einander auf dem Fuße nach. Vorausgesetzt ferner, daß die Luft, welche den schallenden Körper umgiebt, vollkommen gleichförmig ist, breiten sich die beschriebenen Verdünnungen und Verdichtungen nach allen Seiten hin aus, und erzeugen um denselben eine Luftwelle, die an Größe stets zunimmt, und in deren Mittelpunkte er selbst sich befindet. Die Luft tritt natürlich unmittelbar auf jede Verdichtung oder Verdünnung wieder ins Gleichgewicht. Nach diesen Erörterungen gebe ich euch nun noch folgende Erklärungen:

1. zwei zusammengehörige Verdünnungen und Verdichtungen heißen eine **Schallwelle**;« und

»2. jede gerade Linie, welche die Oberfläche einer Schallwelle senkrecht trifft, wird ein **Schallstrahl** genannt.« Letzterer bezeichnet uns daher, wenigstens in den meisten Fällen, die Richtung, nach welcher hin der Schall entstanden sein muß.

Die Fortpflanzung des Schalles vermittels der Luft ist in vielen Stükken der Bewegung der Wasserwellen vergleichbar. Werfet nur bei nächster Gelegenheit einen Stein in einen Teich! und ihr werdet dann schon sehen, wie sich um die erste Welle eine zweite, um diese eine dritte, um die dritte eine vierte u. s. w. bildet, und wie ferner die Wellen desto größer, zugleich aber auch um so schwächer werden, je weiter sie von dem Punkte, den der Stein auf dem Wasserspiegel getroffen hat, entfernt sind. Eine Strömung des Wassers findet übrigens nicht Statt. Wähnet jedoch nicht, daß die Schallwellen ganz so, wie die Wasserwellen, entstehen! denn letztere machen höchstens eine auf- und niedergehende Bewegung; erstere hingegen breiten sich nach allen Richtungen hin aus.

Das allgemeinste Mittel zur Fortpflanzung des Schalles bleibt zwar immer die Luft; damit ist aber nicht gesagt, daß sie das einzige, den Schall von einem Orte zum andern tragende Mittel sei, und sich etwa als solches, weil sie überall vorhanden und ungemein elastisch ist, am besten bewähre. Wer ein fernes Geräusch, z. B. das Rollen eines Wagens auf einer Kunststraße, deutlich hören will, legt gewöhnlich das eine Ohr auf die Erde, und erreicht so in der Regel, was er erwartet und wünscht. Nur die Artschläge des ihm entgegenarbeitenden Genossen sind ferner dem Minengräber ein sicherer Leiter bei seinem Geschäfte. Verstopfet ihr euch die Ohren so fest mit Baumwolle, als es irgendwie angeht; so hört ihr nichts: nehmet ihr aber dabei das eine Ende eines Drathstäbchens zwischen die Zähne und berühret ihr mit dem andern desselben den Resonanzboden eines Klaviers; so bekommt ihr wieder über die Töne des betreffenden Instrumentes eine recht genügende Kenntniß. Musiker, die taub zu werden anfangen, bedienen sich oft, um den Genuß der Töne nicht ganz entbehren zu dürfen, des angegebenen Mittels. Noch gedenke ich eines

andern, eben so leicht anzustellenden Versuches. Verstopfet euch nochmals beide Ohren möglichst gut; nehmet dann das eine Ende eines Bindfadens zwischen die Zähne, und befestiget an das andere Ende desselben einen silbernen Löffel! und ihr werdet in dem Augenblick, da ihr den Löffel auf einen festen, recht elastischen Körper fallen lasset, einen auffallend starken, rein glokkenartigen Ton hören. So ist es denn vielfach erwiesen, daß der Schall auch durch feste Körper, und noch dazu in gewisser Hinsicht ungleich besser, als durch luftförmige, fortgepflanzt wird.

Ich frage endlich: »Tragen denn auch tropfbarflüssige Körper den Schall von einem Orte zum andern hin?« allerdings; denn wir hören Töne, die in ihnen hervorgerufen worden sind, selbst noch in der Luft. Ginge der Schall nicht auch durch sie weiter; so würden die Fische, wenn sie der Teichbesitzer vermittels einer Glokke zur Fütterung ruft, nicht an die Oberfläche kommen. Franklin, der berühmte Nord-Amerikaner, versichert, das Reiben zweier Steine eine halbe englische Meile tief unter Wasser gehört zu haben.

So manches Andere, was noch über die Fortpflanzung des Schalles durch feste und tropfbarflüssige Körper zu wissen nöthig ist, wird in dem nächstfolgenden Paragraphen mitgetheilt werden.

§. 3.

Die Geschwindigkeit des Schalles.

Dort hackt ein Mann Holz. Wir begeben uns ganz nahe zu ihm hin, und bemerken nun, daß das Auffallen seiner Axt mit unserer Wahrnehmung des dadurch hervorgerufenen Schalles genau zusammenfällt. Einige Hundert Fuß von ihm entfernt, finden wir es anders. Ehe nämlich jetzt die Schallwellen unsere Ohren treffen, ist das Auffallen der Axt bereits vorüber; es wird überhaupt die Zeit zwischen den beiden Ereignissen, welche doch in demselben Augenblikke erfolgen, immer bedeutender, je weiter wir uns von dem Holzhakker wegbegeben. Noch klarer zeigt sich uns der erörterte Unterschied bei der Einrammelung eines Baumstammes vermittels eines großen Klotzes und am schönsten bei der Abfeuerung irgend eines Feuergewehrs. Was unser Auge empfängt, d. h., was wir bei den erleuchteten Körpern mit dem Namen Lichtstrahlen belegen, eilt also stets dem Schalle merklich voraus, und liefert uns zugleich den besten Beweis, daß letzterer nicht unendlich schnell ist, sondern, um von einem Orte zum andern zu gelangen, eine gewisse Zeit nöthig hat.

Um die Zeit, welche der Schall zur Zurücklegung eines bestimmten Weges gebraucht, kennen zu lernen, haben sich die Leute von jeher der Kanonenschüsse bedient, weil die Beobachtung bei einem Knalle, wie ihn diese Werkzeuge hören lassen, in größerer Ferne angestellt werden kann. Denket euch: 1. zwei Berge, die einige Meilen von einander entfernt liegen; 2. auf einem derselben eine Kanone, die etwa in jeder Viertelstunde ein Mal abgeschossen wird; endlich 3. auf dem andern Berge einen Mann mit allen Instrumenten, die zu seinem Geschäfte erforderlich sind, wenigstens mit einem guten Fernrohr und einer vortrefflich eingerichteten Sekunden- oder Terzienuhr! Der Blitz erfolgt.

Plötzlich läßt der Beobachter, welcher schon früher auf den Drükker einen Finger gelegt hat, seine Uhr, die bis zu diesem Augenblikke gehemmt gewesen ist, gehen, hält sie aber auch eben so schnell, wann er den Donner hört, wieder an. Die Zeit zwischen Blitz und Donner ist ihm nun bekannt. Da das Licht für jeden Erdenraum, wie ich euch später aus einander setzen werde, als unendlich schnell gelten kann; so darf er blos die gegenseitige Entfernung beider Berge mit der Zeit, welche der Donner zu ihrer Zurücklegung gebraucht hat, vergleichen, um über die Geschwindigkeit des Schalles eine genügende Kenntniß zu erhalten. Die genauesten Versüche der beschriebenen Art wurden von mehrern Gelehrten im Jahre 1822 in der Nähe von Paris ausgeführt. Alles, was ihr hiervon sonst noch zu wissen nöthig habt, fasse ich in folgende fünf Punkte zusammen:

»1. Die Geschwindigkeit des Schalles ist gleichförmig, d. h., derselbe legt in gleichen Zeittheilchen auch gleiche Wege zurück.«

»2. Hohe und tiefe, starke und schwache Töne pflanzen sich gleich schnell fort.« Wer sich hiervon überzeugen will, höre irgend ein Musikstück in der Ferne an. Wie vorhin in der Nähe, werden ihm die Töne auch jetzt ganz in derselben Ordnung auf einander folgen, in welcher sie die Spielenden ihren Instrumenten entlokken. Und wahrlich! es würde übel um unsere Musik stehen, hätte der Schöpfer Dies anders eingerichtet. So ertöne ihm denn um so mehr Psalter und Harfe!

»3. Das Mittel, durch welches er fortgepflanzt wird, erhöht oder verringert die Geschwindigkeit des Schalles.« Die Beweise liefert, wie gewöhnlich, die Erfahrung; nur auf einige derselben lenke ich eure Aufmerksamkeit. — Lassen wir 2 silberne Löffel in einer ziemlich weiten Entfernung auf einen festen, recht elastischen Körper gleichzeitig niederfallen; so kommen auch die Töne, welche durch sie hervorgerufen worden sind, in demselben Augenblikke bei uns an: befestigen wir aber den einen Löffel an das eine Ende eines langen Bindfadens, legen das andere in unser Ohr und wiederholen nun den Versuch; so werden wir den Ton des angebundenen Löffels eher, als den Ton des freien, ankommen hören. Zu einem noch bessern Beweise bietet uns eine lange Metallröhre Gelegenheit dar. Erfolgt nämlich an dem einen Ende derselben ein Hammerschlag; so vernehmen wir an dem entgegengesetzten sehr deutlich einen doppelten Schall: einen schnellern, der durch das Metall, und einen langsamern, welcher durch die eingeschlossene Luftsäule fortgepflanzt worden ist. Gewissen Experimenten zufolge erscheint der Schall in gußeisernen Röhren wol 10 bis 12 Mal so schnell, als in der Luft. — Ueber die Geschwindigkeit des Schalles im Wasser kann von genauen Resultaten kaum die Rede sein; so ungefähr hat man dieselbe auf das Vierfache seiner Geschwindigkeit in der Luft bestimmt *). Im Allgemeinen gilt hier folgendes Gesetz:

*) Um einen Schall, der im Wasser erregt worden ist, zu vernehmen, wendet man eine Röhre an, die nach ihrem untern Ende hin sich immer mehr erweitert und zuletzt durch eine gut elastische Blechscheibe verschlossen ist. Die Schwingungen des Wassers treffen nun diese Scheibe und theilen sich der in der Röhre befindlichen Luft mit.

»Je dichter das Fortpflanzungsmittel ist; desto geschwinder ist auch der Schall; je dünner, desto langsamer.«

»4. Die Geschwindigkeit des Schalles wird auch durch den Thermometerstand bedingt.« — Sie ist in einer Sekunde bei — 10° nach Réaumur etwa 1000 Fuß, bei 0° R. 1024, bei + 10° R. 1048, bei + 20° R. 1072, bei + 30° R. 1096 Fuß. Mit Rücksicht darauf nimmt man die mittlere Geschwindigkeit des Schalles gewöhnlich zu 1050 Fuß an. Ueber den scheinbaren Widerspruch, der zwischen den beiden angegebenen Gesetzen herrscht, merke man sich, daß zwar die Luft durch die Wärme, indem diese sie ausdehnt, zu einer noch dünnern Flüssigkeit umgeschaffen wird, daß sie aber auch zugleich eine höhere Expansiv- oder Spannkraft, mithin zur schnellern Fortleitung des Schalles eine vortreffliche Eigenschaft, erhält.

»5. Endlich erhöht oder verringert die Geschwindigkeit des Schalles auch der Wind.« Für Den, welcher über die zusammengesetzte Bewegung unterrichtet ist, bedarf es hierzu keines Beweises. Uebrigens kommt dieser Einfluß wenig in Betracht.

Zu dem Allen füge ich schließlich noch einige Fragen bei: »1. wie ist es möglich, aus den Nothschüssen eines Schiffes zu berechnen, wie weit dasselbe noch vom Strande entfernt ist? 2. warum fliehen die Soldaten, wann sie den Blitz einer Kanone gesehen haben, augenblicklich hinter einen Wall, in einen Graben u. dgl.? 3. in wiefern hat Derjenige Recht, welcher behauptet, aus der Anzahl der Pulsschläge zwischen Blitz und Donner auf die Nähe oder die Ferne eines Gewitters schließen zu können?« u. s. w.

§. 4.

Die Zurückwerfung des Schalles.

In einer großen Kirche, einem runden Saale, oder in einem langen, verdeckten Gange bemerken wir nicht selten, daß jedes Wort einen ganz eigenthümlichen Nachhall erhält; eben so hören wir zuweilen, wenn wir zwischen Bergen, an dem Saume der Wälder u. s. w. singend hinwallen, die letzten Sylben aus jeder Strophe unseres Liedes bald von dieser, bald von jener Seite zu uns vernehmlich herüberschallen. Ueber diese und ihnen ähnliche Erscheinungen stehe Folgendes hier:

Die Geschwindigkeit, oder, wie wir uns auch ausdrükken können, die Kraft, mit welcher sich der Schall fortpflanzt, wird vorzugsweise durch die Dichtigkeit des leitenden Mittels bedingt. Diese ist aber bekannter Maßen von verschiedener Beschaffenheit. Geht der Schall aus einem dünnern Mittel in ein dichteres, z. B. aus Luft in Wasser, oder, besser, von dorther an Gebäude, Mauern, Gebirgswände u. dgl.; so muß er, weil seine Kraft für das letztere Mittel zu gering ist, zurückgeworfen werden. Eine solche Abprallung erfolgt aber auch, wenn er den umgekehrten Weg eingeschlagen hat. In diesem Falle ist nämlich die Kraft, mit der er bei dem dünnern Mittel anlangt, so groß, daß letzteres sie nicht ganz in sich aufnehmen kann, also sich gleichsam genöthigt sieht, an das erstere Mittel einen Theil der Schallwellen wieder abzugeben. Jede Aenderung in der Dichtigkeit des fortleitenden Mittels

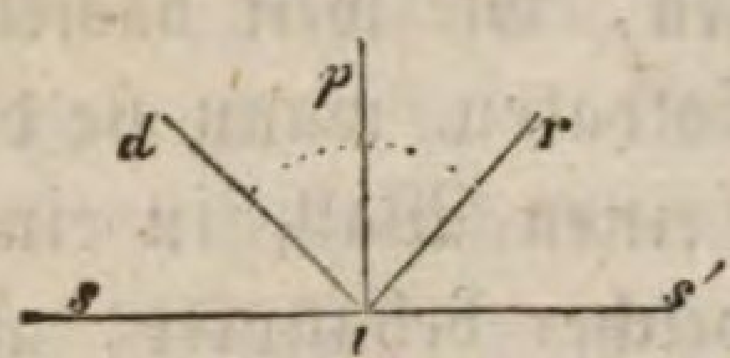
hat mithin Zurückwerfung der Schallwellen zur Folge. Hierauf beruhen:

a. das Echo.

Fast alle Echo, die wir kennen gelernt haben, werden dadurch gebildet, daß die Schallstrahlen gegen einen Berg, eine feste Wand, den Saum eines Waldes u. dgl. stoßen, und von diesen Gegenständen, als den dichtern Mitteln, wieder zurückgeworfen werden. Den Grad ihrer Vollkommenheit bestimmen wir nach ihrer Stärke und deutlichen Wahrnehmung. Diese Eigenschaften aber hängen ab:

»1. von der Gestalt und der Lage der reflectirenden, d. h. zurückwerfenden Wand.« — Der Einfluß, den die Gestalt auf die Echo ausübt, ist bekannt; denn die Schallstrahlen werden, wie die Lichtstrahlen, von jeder Fläche unter demselben Winkel zurückgeworfen, in welchem sie aufgefallen sind. Es sei *ss'* (Fig. 111) die Trennungsfläche der beiden Mittel; ferner *di* die Richtung einer Schallwelle. Letztere wird nun, wenigstens theilweise, in der Richtung *ir* zurückgeworfen. Das Perpendikel *pi* bildet mit *di* den Einfalls- und mit *ir* den Zurückwerfungswinkel: *dip* aber = *pir*. Hieraus ergiebt sich: a) für ebene Flächen, daß parallele Schallstrahlen auch parallel reflectirt werden, und daß ferner jeder Schallstrahl, der sie rechtwinklig trifft, in sich selbst, d. h. genau in der vorigen Richtung, zurückkehrt; b) für concave oder vertiefte, daß sie die Schallstrahlen concentriren, d. h. sammeln oder vereinigen; und c) für convexe oder erhabene, daß sie, gerade umgekehrt, dieselben zerstreuen. So erscheinen denn vertiefte Wände besser, als ebene, und ebene besser, als erhabene. Da die Schallstrahlen, wenn das Echo vollkommen sein soll, wieder zum tönenden Körper hin gelangen müssen; so läßt es sich auch, nachdem wir das Gesetz über die Zurückwerfung kennen gelernt haben, fast mit mathematischer Genauigkeit angeben, bei welcher Lage zum schallenden Körper hin irgend eine Wand das schönste Echo erzeugt.

Fig. 111.



»2. von der Entfernung der reflectirenden Wand.« — Das Ohr kann in einer Sekunde höchstens neun Töne unterscheiden; folgen sie daher noch schneller auf einander, so gewähren sie uns keinen deutlichen Eindruck. Hieraus erklärt es sich zuvörderst, warum wir in einem gewöhnlichen Zimmer nie ein Echo hören (die Wände liegen dem schallenden Körper offenbar viel zu nahe). Alles, was hier eintreten kann, läuft auf das Eine hinaus, daß der Schall, indem sich vielleicht eine frühere, nun schon zurückgeworfene Welle mit einer andern, erst zur Wand hineilenden vereinigt, eine Verstärkung erhält. Wollen wir Ur- und Wiederschall von einander unterscheiden, so darf dieser jenem frühestens in einer Neuntelssekunde nachfolgen. Nun aber legt der Schall in einer ganzen Sekunde 1050, folglich in einer Neuntelssekunde etwa 116 Fuß zurück. So wisset ihr denn, daß die reflectirende Wand, wenn ein Echo entstehen soll, wenigstens die Hälfte von 116 Fuß (erwäget den Hin- und den Hergang der Schallstrahlen!), also 58 Fuß, von dem schallenden Körper entfernt sein muß. — Es giebt:

»a) einsylbige, einfache Echo. — Dies sind solche Echo, welche nur **eine** Sylbe auch blos **ein** Mal wiedergeben. Zu ihrer Hervorrufung wird erfordert, daß die reflectirende Wand etwa 60 Fuß weit von dem tönenden Körper entfernt ist. Sie kommen in der Natur überaus zahlreich vor.

»b) einsylbige, mehrfache Echo.« — Echo von solcher Beschaffenheit wiederholen zwar auch nur **eine** Sylbe, jedoch nicht blos **ein**, sondern zwei, drei, vier, überhaupt mehrere Mal. Sie entstehen gewöhnlich da, wo einige reflectirende Wände 60 Fuß und darüber von einander abliegen, und sich die Schallstrahlen eben so, wie 2 Spiegel ihre Bilder, gegenseitig zuwerfen. Einsylbige, mehrfache Echo finden sich schon seltener. Das Echo bei dem Loreleifelsen am Rhein wiederholt ein einsylbiges Wort 17, ein anderes auf dem runden Königsplatze zu Kassel 9 Mal; ein drittes, auch hierher gehöriges Echo bei dem Schlosse Simonetta in der Nähe von Mailand wird durch 2 parallele Seitenflügel, die genügend weit von einander abstehen, erzeugt und giebt die letzte Sylbe eines stark ausgesprochenen Wortes 40 und den Knall einer Pistole sogar 60 Mal zurück.

»c) mehrsylbige, einfache Echo.« — Solche Echo wiederholen 2 oder mehrere Sylben, stets aber nur ein Mal. Wo sie auch gehört werden mögen; immer findet sich dort eine reflectirende Fläche, die von dem schallenden Körper mindestens 120 Fuß entfernt liegt. An dergleichen Echo fehlt es uns gleichfalls nicht.

»d) mehrsylbige, mehrfache Echo.« — Zur Entstehung dieser schönen Echo, welche mehrere Sylben mehrere Mal zurückgeben, sind überaus günstig zu einander gestellte Wände erforderlich. Bei Adersbach, der Gebirgsstadt Böhmens mit ihrem berühmten Steinwalde, dessen etwa 1000 Felsstükke die seltsamsten Figuren bilden, wird eine Menschenstimme 3, ein Pistolenschuß 7 Mal wiederholt. Einige Sekunden später kommt von der rechten Seite ein Knall, gleich einem Donnerschlage, hallt in dumpfen Stößen schwach nach und verliert sich endlich ganz. Noch sind aber nicht 20 Sekunden vergangen, da hört man von der linken Seite her einen ähnlichen Knall, und nimmt zugleich aufs deutlichste wahr, wie er gleichsam nach oben hin steigt. — In der Nähe des Landgutes Rosneath in Schottland giebt es ein Echo, welches kurze Sätze mehrere Mal, und zwar in verschiedener Tonhöhe, wiederholt. Die reflectirenden Wände sind dort felsige, einen See umschließende Hügel. — Nicht minder unerklärbar ist das Echo bei der St. Georgenabtei zu Rouen; es hat nämlich das Besondere, daß der Sänger nie eine Wiederholung seiner Stimme, der Zuhörer nie die Urtöne, sondern stets nur das Echo, dieses aber mit vielen Abänderungen, vernimmt. Das Echo scheint ihm bald weit, bald nahe zu sein; jetzt hört er es vielleicht stark, gleich darauf aber schwach; der eine Zuhörer ferner nimmt oft nur eine Stimme, ein anderer in derselben Zeit mehrere Stimmen wahr; jener hört sie zur Rechten, dieser zur Linken; endlich vernehmen der Sänger und der Zuhörer das Echo zugleich, immer aber jeder Einzelne nach dem Orte, wohin er sich gestellt hat, verschieden. So viel wir auch darüber nachdenken mögen; wir werden doch zu dieser merkwürdigen Erscheinung die Ursache nicht finden.

Der Nachhall bildet sich ganz so, wie das Echo; nur sind bei ihm die reflectirenden Wände dem tönenden Körper zu nahe, als daß er sich von dem Ur-

schalle unterscheiden ließe. Das Störende, Unangenehme, welches ihn nicht selten in Gebäuden begleitet, kann theils durch das Bedekken der Wände mit rauhen, unelastischen Körpern, theils aber auch dadurch beseitigt werden, daß man Zierrathen anbringt und die Vertiefungen derselben mit Sägespänen ausfüllt. Den besondern Nachhall, welchen man in Hohlwegen, Wasserleitungen, in langen, an beiden Enden offenen Gängen u. s. w. wahrnimmt, erklärt man am besten dadurch, daß man sich vorstellt, wie auch dann eine Zurückwerfung der Schallstrahlen erfolge, wenn das fortleitende Mittel, hier die Luft, seine Dichtigkeit plötzlich ändert.

So viel Vergnügen dem Naturfreunde ein schönes Echo immerhin gewährt: es bleibt doch stets ohne jeglichen Nutzen; ja es muß zuweilen bei dem Anlegen gewisser Gebäude, z. B. der Kirchen, Konzertsäle, Schauspiel-Häuser u. s. w., absichtlich vermieden werden. So scheint es denn, als habe der Mensch von der Zurückwerfung der Schallstrahlen keinen Vortheil zu ziehen gewußt. Dies ist jedoch keinesweges der Fall. Vier wichtige Dinge: »das Communications-Rohr, das Sprachrohr, das Hörrohr und die Sprachgewölbe,« verdanken allein der Reflexion des Schalles ihr Dasein.

b. Das Communications-Rohr.

Das Communications-Rohr besitzt überall einen gleichen Durchmesser. Durch die innere Wand desselben verhindert, sich nach allen Richtungen auszubreiten, gehen in ihm die Schallwellen mit fast unveränderter Stärke fort, und tragen so selbst das leiseste Gespräch an ziemlich weit entfernte Oerter hin. Ueber seinen Nutzen führe ich euch nur an, daß es in Häusern mit vielen Zimmern und Sälen das Hin- und Herlaufen vermindert, und auf Schiffen oft das einzige Mittel ist, von dem Matrosen im Mastkorbe die nöthigen Erkundigungen einzuziehen. Durch die Röhre einer Wasserleitung hörte Biot, ein berühmter französischer Physiker unserer Zeit, ein leises Gespräch auf eine Länge von 3000 Fuß.

c. Das Sprachrohr.

Das Sprachrohr besteht meist aus einem ausgehöhlten Kegel, und ist da, wo sich sonst die Spitze befindet, abgestumpft und mit einem Mundstükke begabt. Spricht man einige Worte hinein, so verbreiten sich die Schallstrahlen nach den verschiedensten Seiten hin: diejenigen, welche die Wände nicht treffen, gehen zum Schall-loche ungehindert hinaus; alle übrigen aber werden, und zwar so oft, als sie die Wände berühren, unter stets gleichen Winkeln zurückgeworfen. Nur in dieser vielfachen Abprallung liegt der Grund, warum sie zuletzt sämmtlich eine ziemlich parallele Richtung erlangen, und daß der Schall in sehr ansehnlichen Entfernungen deutlich gehört wird. Eine starke Männerstimme trägt das Sprachrohr wol 18 Tausend Fuß weit. Gingen alle Schallstrahlen vollkommen parallel fort, so könnte man zwar die Töne in noch ungleich größern Entfernungen hören; allein es würde das Instrument, weil die Töne unter solchen Umständen nur in der Richtung vernehmbar wären, die wir ihnen selbst gegeben hätten, seinem Zwekke wenig entsprechen, wenn nicht etwa Derjenige, welcher es gebraucht, eben so meisterhaft zu zielen verstände, als ein guter Scharfschütz mit einem gewöhnlichen Schießgewehre.

d. Das Hörrohr.

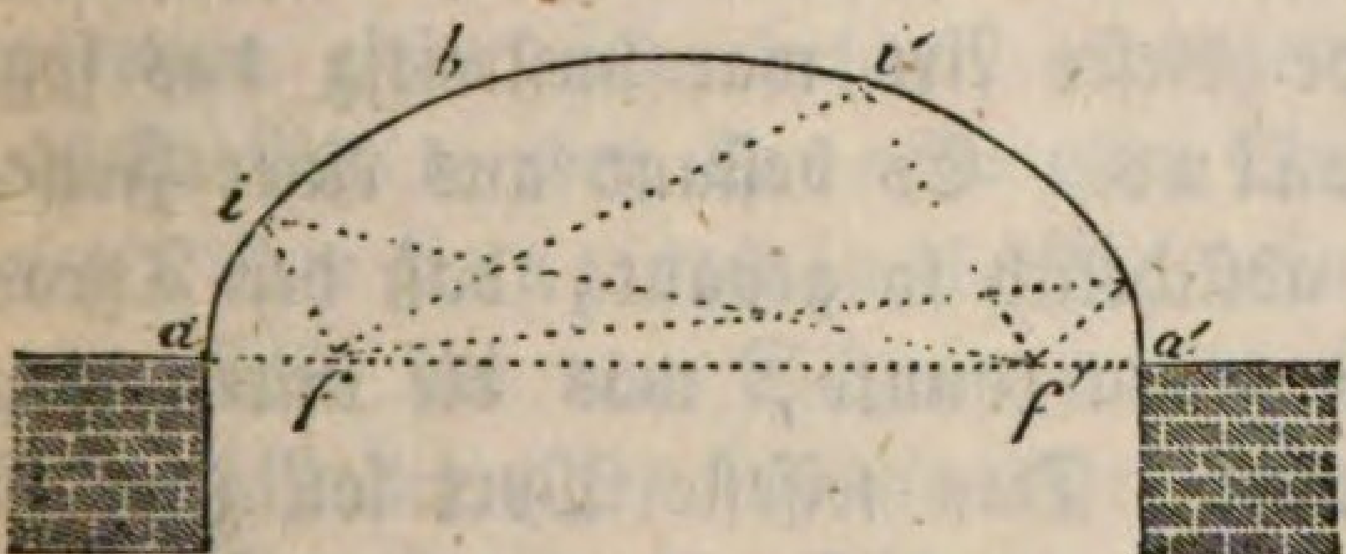
Das Hörrohr, i. J. 1670 von Moreland oder Möhrenberg erfunden, hat den umgekehrten Zweck des Sprachrohres; denn dieses soll Töne geben, hingegen jenes Töne bringen. Die Gestalt des Sprachrohres ist fast immer auch seine Gestalt. Wollt ihr euch von ihm eine recht klare Vorstellung verschaffen; so betrachtet nur die Ohrmuscheln eines Menschen, oder eines Säugethieres, die mit Recht natürliche Hörröhre genannt werden. Einige finden den Nutzen des Hörrohres darin, daß es den Schall, indem es eine größere Menge Wellen auffängt und nach dem engern Theile leitet, bedeutend verstärkt; Andere wieder meinen, es mache durch die zuerst entstehende Erschütterung das Gehör für die nachmaligen Töne empfindlicher. Leute, die an Schwerhörigkeit leiden, erkennen in ihm einen ihrer größten Wohlthäter.

e. Die Sprachgewölbe.

Unter den mancherlei unebenen Flächen sind, wenn wir die Richtung der reflectirten Strahlen ins Auge fassen, die elliptisch gekrümmten besonders wichtig. So stehe denn über sie Folgendes hier:

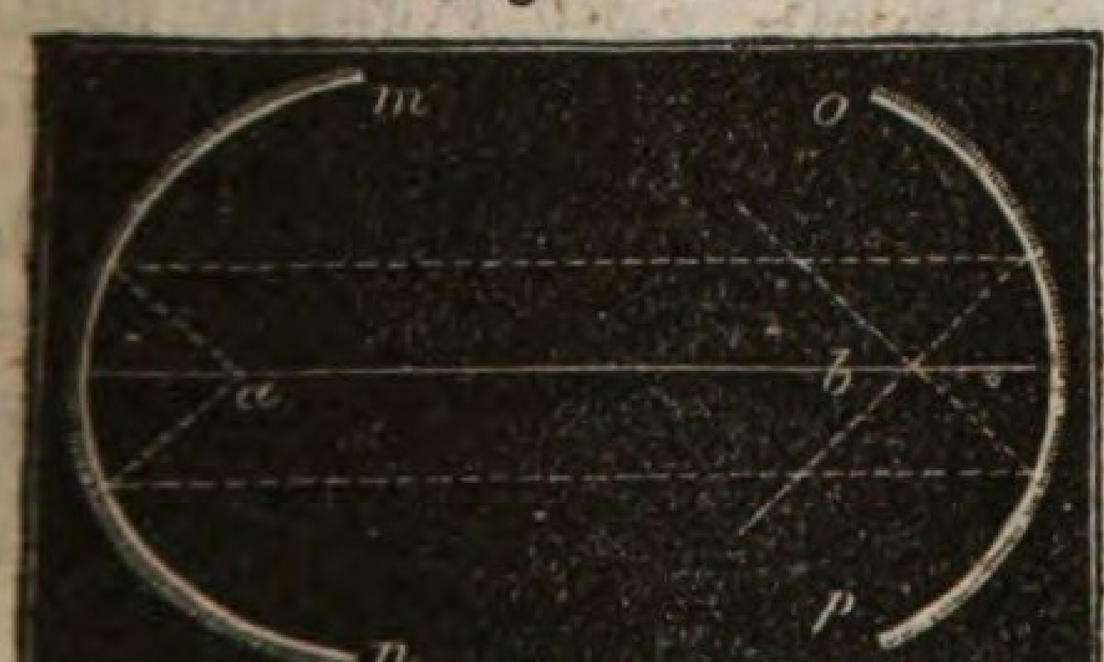
Jede Ellipse hat hauptsächlich zwei merkwürdige Eigenschaften; »1. wirft sie sämmtliche Strahlen, die von **einem** ihrer beiden Brennpunkte ausgehen und die Peripherie treffen, in den andern Brennpunkt zurück; 2. ist der Weg bei allen diesen Strahlen von dem **einen** Brennpunkte bis zu dem andern hin genau von gleicher Länge. — In der hier beigefügten halben Ellipse (Fig. 112), die zugleich den Queerschnitt eines eigenthümlichen Gewölbes bezeichnen möge, stellen f und f' die Brennpunkte; fi und fi' die Einfalls-, if' und $i'f'$ die Zurückwerfungsstrahlen vor. Daß jede der beiden zuerst genannten Linien, sobald sie den Umfang des elliptischen Gewölbes berührt, ihre Richtung nach f' hin nimmt; daß ferner $fi + if = fi' + i'f'$ ist, über dies Alles führt die höhere Mathematik den Beweis.

Fig. 112.



Gesetzt nun, es befände sich Jemand in einem Raume, dessen Begrenzung eine Ellipse bildete, stellte sich in den einen Brennpunkt und finge zu sprechen an; »würde dann nicht ein Anderer, der sein Ohr auf den zweiten Brennpunkt hielte, selbst die leisesten Worte hören können?« Vermittels zweier Sammelspiegel (Fig. 113) läßt sich wenigstens ein hierher gehöriges Experiment anstellen. Die Spiegel mn und op (ihr habt euch unter ihnen Kugelabschnitte zu denken) sind aufgestellt; a ist ferner der Brennpunkt jenes, b der Brennpunkt dieses Spiegels. Ich lege nun meine Taschenuhr auf a; einer von euch aber bringe das eine seiner beiden Ohren auf b, und sage uns dann, was er Merkwürdiges wahrgenommen hat! Wisset! er vernimmt dort das Tippen eben so deutlich, als hätte ich meine

Fig. 113.



Taschenuhr auf seine Hand gelegt. Zur vorläufigen Erklärung füge ich nur hinzu, daß alle Schallstrahlen, die von der Uhr ausgehen und den Spiegel *mn* berühren, parallel mit dessen Achse zurückgeworfen werden (die punktirten Linien zeigen euch die Wege an), an den zweiten Spiegel *op* treffen und nach ihrer neuen Abprallung im Brennpunkte *b* zusammenkommen. —

Säle oder Gewölbe mit den oben angegebenen Eigenschaften heißen Sprachsäle und Sprachgewölbe; ihre Brennpunkte ferner sind diejenigen Stellen, wo sich zwei Menschen etwas zuflüstern können, ohne daß davon eine dritte, vierte u. s. w. Person, die sich noch im Saale befindet, das Geringste vernimmt. Zu Konzertsälen eignen sich dergleichen Räume nicht. Sie verstärken zwar die Musik, aber nicht gleichmäßig; denn stets tönen an gewissen Stellen diejenigen Instrumente vor, welche sich in der Nähe des einen Brennpunktes befinden.

Unser Zeitalter hat mehrere Sprachgewölbe aufzuweisen. — »An dem innern Umfange der Kuppel in der Peterskirche zu Rom ist eine Gallerie angebracht. Zwei Personen, welche sich an die beiden Enden ihres Durchmessers stellen, der eine Länge von 100 Fuß hat, können sich hier selbst dann noch, wenn im Schiffe der Kirche musicirt wird, aufs leiseste unterhalten. An allen übrigen Stellen des Umfanges hingegen vernehmen sie nichts.« — Eine ähnliche Erscheinung bietet die Kuppel auf der Paulskirche in London dar. Dieselbe ist so gebaut, daß man den Schlag einer Taschenuhr von einem Ende zum andern deutlich hört und das leiseste Gezisch gleichsam einen Lauf um die ganze Kuppel macht. Diese höchst merkwürdige Vervielfältigung des Schalles findet nicht blos an den niedern, sondern auch, obgleich das Gewölbe oben für die Laterne eine große Oeffnung besitzt, an den höhern Stellen der Gallerie Statt.« — »Das berühmteste Gebäude dieser Art war unstreitig das sogenannte Ohr des Dionysius zu Syrakus. Es bestand aus einer Felsengrotte, diente zum Gefängniß, und war absichtlich so gebaut, daß der Tyrann in einem Zimmer oberhalb desselben Alles hören konnte, was die unten eingesperrten Unglücklichen mit einander sprachen. Das leiseste Wort soll zum Geschrei, ein gewöhnliches Husten zum donnerähnlichen Getöse und das Ausschlagen eines Taschentuches fast zu dem Knalle einer losgebrannten Pistole verstärkt worden sein.

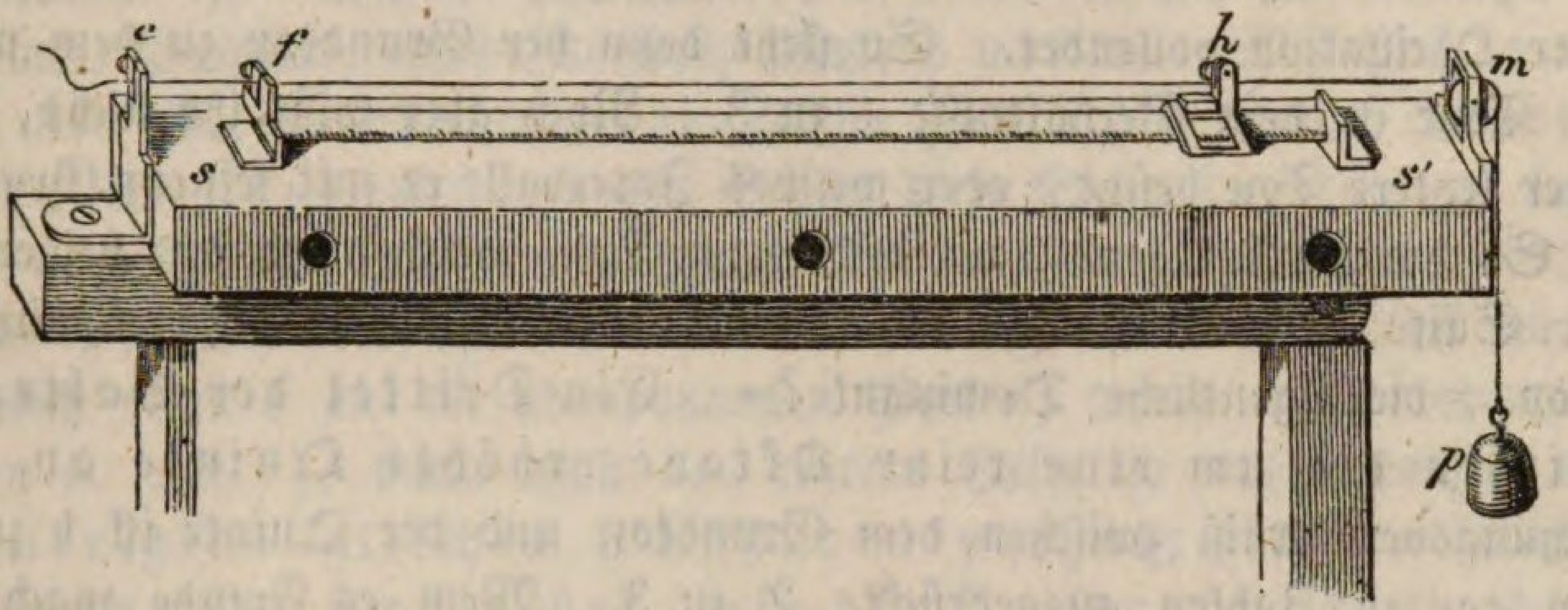
§. 5.

Die Schwingungen der Saiten.

Zu den verschiedenen Versuchen, die ich heute anzustellen habe, sind die sogenannten Monochorde fast unentbehrliche Werkzeuge. Ich begnüge mich mit dem einfachen Monochorde. Daß bei ihm zwischen zwei befestigten Stiften, die auf einem hohlen Kasten ruhen, nur eine Saite, und zwar ganz so, wie bei vielen andern musikalischen Instrumenten, ausgespannt ist; daß es ferner einen beweglichen Steg hat, vermittels dessen ich jene Saite willkürlich verlängern oder verkürzen kann; daß endlich mehrere Striche und Zahlen mir anzeigen, wo der bewegliche Steg die Hälfte, das Drittel, das Viertel, zwei

Fünftel, acht Neuntel u. s. w. abschneidet: dies Alles, wie auch, daß die Wände des höchst einfachen Instrumentes, welche die Resonanz bilden, aus dünnen, elastischen, völlig trokkenen Holzbrettchen bestehen, könnt ihr bei meinem Monochorde deutlich sehen. — In der hier beigefügten Fig. 114 ist die Saite (es

Fig. 114.



kann eine Darm-, auch eine Metallsaite sein) bei *c* eingezwängt, und geht sowol über eine Rolle, *m*, als auch über zwei Stege, *f* und *h*, von denen der eine Steg, hier *h*, beweglich sein muß. Die Rolle *m* trägt ein Gewicht, *p*, das ich, wenn ich die Töne mit Rücksicht auf die Spannung der Saite untersuchen werde, nicht entbehren kann.

Setze ich nun auf die Saite einen Violinbogen so, daß er dieselbe unter einem Rechtwinkel schneidet; so nehmen alle ihre Theile, während sie schwingen, gegen die vorherrschende Ausdehnung die senkrechte Lage an und erfreuen uns mit einem angenehmen Tone: streiche ich sie hingegen unter einem bedeutend spitzen Winkel an (Anfänger im Geigespiel thun Dies nicht selten, ohne daß sie es wollen); so schwingen ihre sämmtlichen Theile der Länge nach und erzeugen einen sehr hohen, unangenehm pfeifenden Ton. Schwingungen der erstern Art werden Queer- oder Transversal-, der letztern Art aber Längen- oder Longitudinal-Schwingungen genannt.

Wie bei den Schwingungen im Allgemeinen, nehmen wir auch bei den Queerschwingungen insbesondere eine bedeutende Verschiedenheit wahr. Auf gewöhnliche Weise angestrichen, schwingt die Saite ihrer ganzen Länge nach in einerlei Richtung fort; allein auf einem ihrer Theilungspunkte, etwa auf der Hälfte, dem Drittel, Viertel u. s. w., vermittels eines Fingers, oder auch einer Kartenkante äußerst sanft berührt und dann erst mit dem Bogen angestoßen, theilt sie sich in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, von denen immer zwei benachbarte nach entgegengesetzten Richtungen schwingen. Es sind übrigens beide Oscillations-Arten sehr wichtig.

Ich streiche nun die ganze Saite meines einfachen Monochordes an, und merke mir wohl den Ton, welchen sie hören läßt. Es sei beispielsweise das kleine *c*. Schiebe ich hierauf den beweglichen Steg, ohne jedoch die Spannung zu verändern, genau in die Mitte hin; so erhalte ich zwei Töne, die im Einklange stehen, und von jenem Tone, den ich von nun an den Grundton nennen will, die nächst höhere Oktave angeben. Mit Rücksicht auf die Länge der Saiten verhält sich folglich der Grundton zu seiner nächst höhern Oktave, wie 2 zu 1; allein mit Rücksicht auf die Anzahl der Schwingungen, die bei einer halb so langen Saite von sonst ganz gleicher

Beschaffenheit doppelt so groß ist, wie, gerade umgekehrt, 1 zu 2. Nur das letztere Verhältniß beachtet fortan! — Ich fahre fort, die Schwingungsverhältnisse auch anderer Intervalle (das Zahlverhältniß zweier Töne heißt nämlich ihr Intervall) durch Rechnung zu finden. — Bringe ich den beweglichen Steg unter ein Drittel der Saite; dann muß offenbar der kleinere Theil in derselben Zeit drei Mal schwingen, in welcher die ganze Saite blos eine Oscillation vollendet. So steht denn der Grundton zu dem nun erhaltenen Tone in dem Verhältnisse 1 zu 3. Noch aber wißt ihr nicht, welche Höhe der letztere Ton besitzt, oder welches Intervall er mit seinem Grundtone bildet. So höret denn genau auf denjenigen Ton, welchen ich den beiden Dritteln der Saite entlocke. »Ist es nicht die nächst höhere reine Quinte des Grundtons, die eigentliche Dominante?« Ein Drittel der Saite giebt uns mithin die um eine reine Oktave erhöhte Quinte an. Das Schwingungsverhältniß zwischen dem Grundton und der Quinte ist 1 zu $1\frac{1}{2}$, oder, in ganzen Zahlen ausgedrückt, 2 zu 3. Wem es Freude macht, die Schwingungsverhältnisse noch für andere Intervalle aufzusuchen, der merke sich, daß $\frac{3}{4}$ der Saite die reine Quarte, $\frac{4}{5}$ die große Terz, $\frac{5}{6}$ die kleine Terz, $\frac{3}{5}$ die große Sexte, $\frac{5}{8}$ die kleine Sexte, $\frac{8}{9}$ bis $\frac{9}{10}$ die große Sekunde, $\frac{15}{16}$ bis $\frac{24}{25}$ die kleine Sekunde, $\frac{8}{15}$ bis $\frac{25}{48}$ die große Septime, $\frac{9}{16}$ die kleine Septime des Grundtons erzeugen. Diese Verhältnisse bedingen das Greifen der Töne auf der Violine, der Guitarre u. s. w.; zugleich zeigen sie uns, wie 1. die Töne um so näher bei einander liegen müssen, je weiter sie nach oben hin gegriffen werden; und daß 2. auf einer Violin-, Guitarrensaite u. dgl. die Reihe der Töne eine unendliche ist.

Bisher habe ich blos die Länge der Saite in Betracht gezogen; allein ich kann die Zahl der Schwingungen noch auf eine andere Weise verdoppeln, verdreifachen, überhaupt vervielfältigen. Nicht nur die **Länge**, sondern auch die **Spannung** bedingt die Höhe des Tones. Um euch hiervon zu überzeugen, habe ich mein Monochord so vorgerichtet, daß blos das eine Ende der Saite befestigt, das andere aber über einen Steg geworfen und mit einem Gewichte belastet ist. »Und was finden wir nun?« kurz Dies, daß die Saite, wenn ich ihren Ton bei der einfachen Spannung den Grundton nenne, bei der vierfachen die Oktave, bei der $\frac{9}{4}$fachen die Quinte, bei der $\frac{16}{9}$fachen die Quarte, bei der $\frac{25}{16}$fachen die große Terz, bei der $\frac{36}{25}$fachen die kleine Terz, bei der $\frac{25}{9}$fachen die große Sexte, bei der $\frac{64}{25}$fachen die kleine Sexte, bei der $\frac{81}{64}$ oder $\frac{100}{81}$fachen Spannung die große Sekunde u. s. w. des Grundtons hören läßt. Die angegebenen Zahlen sind aber die Quadratzahlen der vorigen Verhältnisse; denn 4 hat die Zahl 2, $\frac{9}{4}$ die Zahl $\frac{3}{2}$, $\frac{16}{9}$ die Zahl $\frac{4}{3}$, $\frac{25}{16}$ die Zahl $\frac{5}{4}$, $\frac{36}{25}$ die Zahl $\frac{6}{5}$, $\frac{25}{9}$ die Zahl $\frac{5}{3}$ u. s. w. zur Wurzel. Das Gesetz: »die Zahl der Schwingungen ist bei sonst völlig gleichen Umständen der Quadratwurzel der spannenden Gewichte proportional,« bestätigt mithin die Erfahrung vollkommen. Die Versuche über die verschiedene Spannung der Saite lassen sich ungleich besser mit einem zwei-, als mit einem einsaitigen Monochorde anstellen. Gesetzt, ich besäße auch ein solches Instrument; so dürfte ich blos, um den Grundton mit seiner reinen Oktave zugleich ertönen zu lassen, an die eine Saite 1 Pfund und an die andere 4 Pfund hängen; sollte ferner mein Monochord die reine

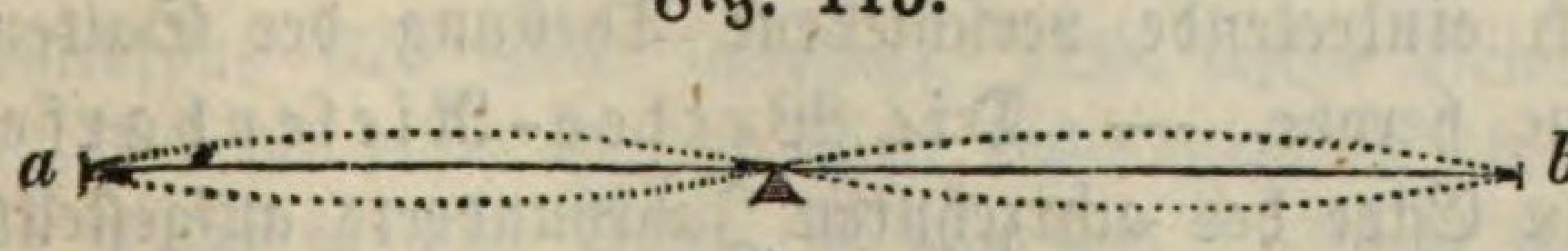
Quinte geben, so müßte ich jene Saite mit 4, diese mit 9 Pfund, oder erstere mit 1, letztere mit $2^1/_4$ Pfund belasten u. s. w. —

Hier liegt eine Violine. Während wir ihre vier Saiten näher betrachten, fällt es uns besonders auf, daß die E Saite dünner, als die A Saite; diese dünner, als die D Saite; und daß die G Saite mit einem silbernen Kleide beschenkt worden ist. Dieselbe Verschiedenheit offenbart sich uns bei den Saiten einer Harfe, Guitarre, eines Klaviers, Violons u. s. w. Wisset! 1. *auch die Dikke der Saite bedingt die Höhe des Tones*; und 2. *bei sonst gleichen Umständen steht die Zahl der Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse mit der Dikke der Saiten.«* — Ist das spezifische Gewicht, oder, mit andern Worten ausgedrückt, der Stoff der Saiten nicht gleich (denket an die übersponnenen Saiten, ferner an Darm- und Metallsaiten u. s. w.!); dann muß das letztere Gesetz so ausgesprochen werden: »*bei übrigens gleichen Umständen verhält sich die Zahl der Schwingungen umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der spezifischen Gewichte.«* Alle hierher gehörigen Experimente müssen, sollen sie anders ein Resultat geben, das uns völlig befriedigt, sehr sorgfältig angestellt werden. Das Ueberspinnen der Saiten hat offenbar keinen andern Zweck, als ihr spezifisches Gewicht größer, ihren Ton tiefer zu machen. »Kann daher die C Saite einer Violine auch wol dünner sein, als die D Saite, ihre Nachbarin?

Achten wir so genau, wie möglich, auf den Ton einer Saite; so vernehmen wir außer ihm, wenn anders die größte Stille und das feinste Gehör vorhanden sind, noch einige sehr schwache, ihn an Höhe übertreffende Töne. Ist z. B. der Hauptton der Saite C, so hören wir mit ihm zugleich die Töne g und oder $\bar{e}$ die um *eine* Oktave erhöhte reine Quinte und die um zwei Oktaven erhöhte große Terz des Grundtones. Jene ruft ein Drittel, diese ein Fünftel der Saite hervor. Ein recht geübtes Ohr unterscheidet außer den bezeichneten Tönen wol auch noch die einfach und die doppelt höhere Oktave, also die Töne c und $\bar{c}$, deren Schwingungsverhältnisse bekannter Maßen 1 zu 2 und 1 zu 4 sind, oder die durch die Hälfte und das Viertel der Saite erzeugt werden. Alle diese Töne heißen *harmonische Töne*. Da die Saite in ihrer Spannung keine Veränderung erlitten hat; so muß nothwendig, während sie ihrer ganzen Länge nach schwingt, auch die Hälfte, das Drittel, das Viertel u. s. w. in besondere Bewegung gesetzt sein. Und so ist es in der That. Wer das gleichzeitige Vorhandensein jener harmonischen Töne recht bemerklich machen will, nehme zu seinem Versuche, damit der Hauptton die nöthige Tiefe und Stärke erhalte, eine dikke, lange Saite. Sehr brauchbar sind die Saiten eines Violons. —

Gesonnen, eine Theilung der Saite in zwei gleiche Theile zu bewirken, bringe ich auf *c* (Fig. 115), dem Mittelpunkte derselben, eine leichte Hemmung an, d. h. eine solche, die dem Punkte zwar nicht erlaubt, sich von der Achse zu entfernen, ihn aber auch nicht hindert, seine Bewegung der Länge nach von *einer* Hälfte zur andern zu machen. Ich benutze

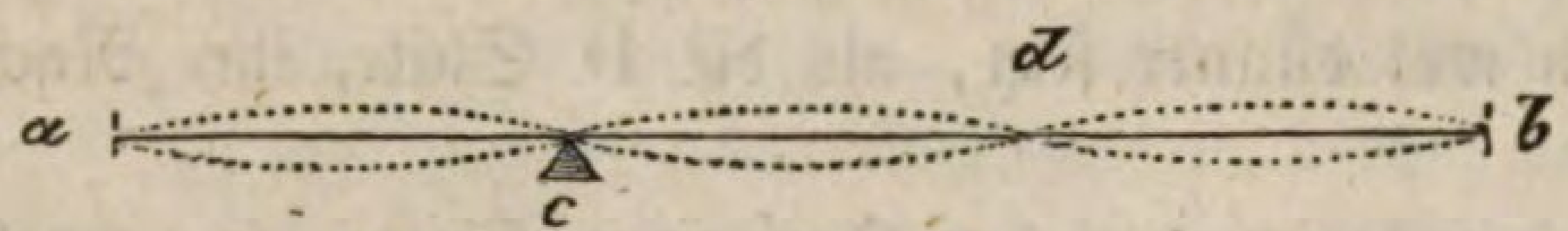
Fig. 115.



hierzu einen sanften Fingerdruck (sehr schwache Berührungen vermittels eines nassen Körpers führen gewöhnlich noch besser zum Ziele). Versetze ich hierauf die eine Hälfte, etwa *ac*, in Schwingungen, und zwar auf eine Weise, bei der sich die Theilchen von *cb*, die dem Punkte *c* zunächst liegen, nach unten hin bewegen: so müssen offenbar sämmtliche Theilchen von *ac*, die mit jenen Theilchen gleich weit von *c* entfernt sind, nach oben hin schwingen; kurz, es wird die ganze Saite während ihrer Hin- und Hergänge eine ununterbrochene gekrümmte Linie bilden. Der hervorgerufene schwache Ton ist von dem Haupttone der ganzen Saite die nächst höhere Oktave. Um euch durch die Anschauung zu überzeugen, daß die andere Hälfte der Saite wirklich mitschwingt, setze ich auf sie bald hier, bald dort ganz leichte, zusammengekniffene Papierstreifchen. Und sehet! in demselben Moment, da ich die erste Hälfte anstreiche, gerathen sie in eine lebhafte Bewegung; ja einige derselben werden sogar weit hinweggeschleudert.

Ganz in derselben Weise kann ich euch zeigen, daß sich, wenn ich eine Saite, *ab* (Fig. 116), in demjenigen Punkte, der ein Drittel abschneidet, also in *c*, leise berühre und dieses dann schwingen lasse, noch ein anderer Hemmungspunkt, *d*, welcher das zweite von dem letzten Drittel scheidet, bilden müsse.

Fig. 116.



Beide Stükke sollen nämlich in derselben Zeit gleich viel Schwingungen machen: da Dies aber, weil *ac* von *cb* an Länge übertroffen wird, unmöglich ist; so ergiebt sich jener zweite Hemmungspunkt gleichsam von selbst. Wirft die Saite auch jeden andern Reiter ab; so wird doch immer derjenige, welcher auf dem Scheidepunkte *d* sitzt, in seiner Lage ruhig verharren. Der Ton, den wir nun vernommen haben, kommt von dem Drittel der Saite, ist daher die um eine Oktave erhöhte Quinte oder die Duodecime des Grundtons. Gehe ich so zu einem Viertel, Fünftel, Sechstel u. s. w. der Saite fort; so werde ich dieselben Erscheinungen zurückkehren, und der Grenzpunkte um so mehr entstehen sehen, je kleiner im Verhältniß zur ganzen Saite der abgeschnittene Theil ist. Ein Viertel giebt 3, ein Fünftel 4, ein Sechstel 5 u. s. w. dergleichen Punkte. Sie führen sämmtlich den Namen **Schwingungsknoten** oder **Ruhepunkte der Saite**. Wer einsehen gelernt hat, wie eine Saite auf die angegebene Art sich allerdings in eine gewisse Anzahl gleicher Stükke theilen muß, kennt auch die Ursache, welche die Flageolett-Töne auf Violinen und Saitenbässen, das artige Spiel der Wind- und Aeolsharfe, die Töne der Wetter-Riesenharfe u. s. w. hervorruft. Den angenehmsten Klang haben die Flageolett-Töne der Violoncello. — Die **Aeolsharfe**, welche 8 bis 12 gleich stark und gleich hoch tönende Darmsaiten zählt, wird so an ein offen stehendes Fenster gestellt, daß die Luft über den Resonanzboden bequem hinstreichen kann. Die dadurch eintretende verschiedene Theilung der Saiten, bringt sehr mannigfaltige Töne hervor. — Die **Wetter-Riesenharfe**, von einem baseler Kaufmanne zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts aufgestellt, bestand aus 18 Eisendräthen, deren jeder eine Länge von 120 Fuß hatte. Der Versuch, anstatt solcher Dräthe Messingdräthe zu gebrauchen, ergab kein glück-

liches Resultat; denn man erhielt, so viel Mühe man auch anwandte, selbst nicht den leisesten Ton.

Zum Schlusse Dessen, was ich hier über die Querschwingungen der Saiten mitgetheilt habe, mache ich euch noch auf folgende Erscheinungen aufmerksam.

»1. Es erzeugt zuweilen eine Saite einen Ton, der ihren eigentlichen Ton bald mehr, bald weniger an Tiefe übertrifft.« Das hierbei anzustellende Experiment ist zwar leicht, erfordert aber doch einige Umsicht. Soll es recht gut ausfallen; so spanne man eine Saite so schlaff, wie möglich, über einen Steg, hebe sie weit nach oben und lasse sie gegen jene Vorrichtung behutsam zurückschlagen. Angenommen, der Steg stehe genau unter der Mitte der Saite, so giebt sie die Unter-Quinte, — schneidet er aber ein Drittel derselben ab, die Unter-Septime des Grundtons. Sämmtliche Töne, welche auf die beschriebene Weise hervorgerufen werden, heißen Klirrtöne. Leider wissen wir noch immer nicht genau, in wasfür Schwingungen die Saite gerathen muß, wenn sie dergleichen Töne geben soll; was hierüber der berühmte Chladni sagt, genügt theils nicht, theils ist es mit vielen Unrichtigkeiten vermischt.

»2. Fast jeder Musiker kennt aus Erfahrung, daß, wenn er sein Klavier in reinen Quinten, großen Terzen, kleinen Terzen u. dgl. stimmt, die obern Töne gegen die untern bald zu hoch, bald zu tief erscheinen; daß er daher von der vollkommenen Reinheit gewisser Intervalle, soll anders sein Geschäft nach Wunsche ausfallen, stets etwas abweichen muß. — Zwei Beispiele, die ich hier vollständig berechnen will, werden euch am besten zeigen, worin die Ursache dieser Erscheinung liegt.

Gesetzt, es stimmte Jemand von *C* zu *c* in großen Terzen; so beschäftigte ihn offenbar zuerst die Terz von C zu E, dann die von E zu Gis (As) und zuletzt die Terz von As zu c. Das Verhältniß der großen Terz zu ihrem Grundtone ist aber mit Rücksicht auf die Anzahl der Schwingungen 5 zu 4. Wenn nun c $5/4$ Mal so viel Schwingungen, als As oder Gis, — Gis $5/4$ Mal so viel, als E, — und E $5/4$ Mal so viel Schwingungen, als C, macht; so müssen ja offenbar die Schwingungen des kleinen c zu denen seiner untern Oktave, des großen C, sich verhalten, wie $5 \times 5 \times 5$ zu $4 \times 4 \times 4$, d. i., wie 125 zu 64. Hierbei kommt nun allerdings die höhere Oktave um 3 Schwingungen zu kurz und erscheint daher gegen den Grundton ein wenig zu tief. Gerade umgekehrt ist das Resultat, wenn er sein Klavier in kleinen Terzen stimmt. Da in dem Raume von C zu c 4 solche Terzen liegen, nämlich von C zu Es, von Es zu Ges oder Fis, von Fis zu A und von A zu c; da ferner, wenn wir auch hier die Zahl der Schwingungen berücksichtigen, die kleine Terz zu ihrem Grundtone in dem Verhältnisse 6 zu 5 steht: so bekommen wir die Schwingungszahlen $6 \times 6 \times 6 \times 6$ und $5 \times 5 \times 5 \times 5$ oder 1296 und 625. Jede Saite aber, welche in derselben Zeit, da die Saite des Grundtons 625 Mal schwingt, 1296 solche Bewegungen vollendet, giebt einen Ton, der die reine Oktave schon recht merklich übersteigt; denn nicht 1296, sondern 1250 ist das Doppelte von 625. »Wißt ihr nun auch zu berechnen, wie es dann mit der Höhe der obern Töne steht, wenn ein Klavier vermittels vollkommen reiner Quinten gestimmt worden ist?« Das Beispiel verursacht des-

halb einige Schwierigkeiten, weil wir, ehe wir bei einem c eine Quinte erhalten, mehrere Oktaven durchlaufen müssen. »Was hat nun wol ein Klavierstimmer zu thun, der sein Instrument so einrichten will, daß die höhern mit den niedern Tönen in dem richtigen Verhältnisse stehen?« Beantwortet euch nur diese Frage selbst! dann aber merket noch: »1. die Abweichung der Intervalle von den oben angegebenen Verhältnissen: $^2/_3$, $^3/_4$, $^4/_5$ u. s. w.« heißt ihre Temperatur; 2. letztere ist bald gleich-, bald ungleichschwebend: gleichschwebend, wenn alle Abweichungen von der vollkommenen Reinheit der Intervalle auf die sämmtlichen Töne einer Oktave ganz gleich vertheilt sind; ungleichschwebend, wenn bei ihnen eine solche regelmäßige Vertheilung nicht stattfindet! »Versteht ihr nun auch den Ausdruck temperirtes Klavier?«

»3. Die Saiten verstimmen sich nicht selten auf eine recht unangenehme Weise.« — Abgesehen davon, daß die Wirbel oder die Stifte nicht hinreichend befestigt sind, liegt der wichtigste Grund im Wechsel der Temperatur; erhöht sich dieselbe; so muß auch die Länge der Saiten, weil steigende Wärme die Körper ausdehnt, etwas bedeutender werden. Jede Veränderung dieser Art verringert aber die Höhe des Tons. Den besten Beweis für dies Alles liefert ein Klavier, das an der kalten Wand einer geheizten Stube steht. Eine andere Ursache liegt uns weniger nahe. Wer sie kennen lernen will, nehme von einem gut eingestimmten Klaviere alle Saiten einzeln ab; vergesse dabei aber nicht, mit den Baßsaiten den Anfang zu machen. Das Zerspringen so mancher Diskantsaite verweist ihn genügend auf den hier obwaltenden Grund. Während nämlich die Baßsaiten abgenommen werden, erreicht das Zusammenziehen der Theile des Resonanzbodens, das durch sie veranlaßt worden ist, sein Ende; es dehnt sich vielmehr derselbe wieder aus und spannt nun auch die Diskantsaiten stärker an. Hierin liegt zugleich die Ursache, warum bei einem Klaviere die Diskantsaiten, wenn das Aufziehen mit ihnen, nicht also, wie es stets der Fall sein sollte, mit den Baßsaiten begonnen wird, im Tone merklich herabsinken. Die große Empfänglichkeit der Darmsaiten für die Feuchtigkeit der Luft, macht das Verstimmen solcher Instrumente, welche dergleichen Saiten in Menge besitzen, sehr lästig. Schließlich deute ich euch nur an, daß mit der Zunahme der Wärme die Expansiv-Kraft der Luft wächst, und daß diese gerade dadurch einen größern Einfluß auf das Vibriren oder Schwingen der Saiten gewinnt. Bei den Blaseinstrumenten, deren Töne während des Spieles merklich höher werden, tritt dieser Umstand sehr hervor.

Die Longitudinal-Schwingungen hängen besonders von der Länge und der Elasticität der Saiten ab. Auch bei ihnen vibriren entweder alle Theile in derselben Richtung, oder es bilden sich, wie bei den Transversal-Schwingungen, gewisse Ruhepunkte. Es wird indeß von ihnen in der praktischen Musik kein Gebrauch gemacht.

§. 6.

Die Schwingungen gespannter Häute.

An Gelegenheit, die Schwingungen gespannter Häute zu beobachten, fehlt es nicht; denn noch immer finden sich Trommeln, Handpauken (Tambourins) und eigentliche Pauken, diese ihres hohen Alters wegen sehr ehrwürdigen Instrumente, in Menge. Den Ton aller bedingen die **Gestalt**, das **Gewicht** und die **Spannung** der Membrane oder Haut. Außer dem Haupttone, der bei ihnen nicht nur der tiefste, sondern auch fast immer der alleinige Ton ist, können nur dann noch einige höhere Töne entstehen, wenn sich auf gewissen Theilen der Membrane Knotenlinien bilden. Bei kreisrunden Häuten sind diese Linien stets concentrische, dem Mittelpunkte mehr, als dem Umfange, genäherte Kreise. Bei den Pauken bewirken die Schrauben, bei den Trommeln die Schnüre die Spannung der Membrane.

§. 7.

Die Schwingungen gerader und gekrümmter Stäbe.

Die Mannigfaltigkeit der Töne, welche Glas- und Metallstäbe hören lassen, beruht nicht allein auf der Bildung der Schwingungsknoten, sondern auch auf der verschiedenen Art der Befestigung. Bei Letzterer sind sechs Fälle zu beachten:

1. beide Enden des Stabes frei;
2. ein Ende frei, das andere befestigt;
3. ein Ende frei, das andere blos angestemmt;
4. beide Enden befestigt;
5. ein Ende befestigt, das andere angestemmt;
6. beide Enden angestemmt.

Die hierher gehörigen Experimente können wir um so eher übergehen, als wir von den Tönen gerader und gekrümmter Stäbe fast gar keinen Gebrauch machen. Folgende Dinge, die jedoch größtentheils nur für Spielereien gelten, verdanken ihnen mehr oder minder ihr Dasein:

1. die Eisenvioline oder die Stahlharmonika. — Bei diesem Instrumente sind auf einem Resonanzboden mehrere eiserne Stifte, die vermittels eines gut geharzten Bogens gestrichen werden, in einen Halbkreis gestellt.

2. die Strohfidel. — Stäbe, gewöhnlich aus gleichfaserigem Holze bereitet, ruhen bei ihr auf zusammengeflochtenem Stroh. — In neuerer Zeit bekommen wir Strohfideln und Stahlharmoniken nur selten zu sehen.

3. die Spieluhren und Spieldosen. — Elastische Federn, die Hervorrufer der lieblichen Töne, vertreten bei ihnen die geraden Stäbe anderer Instrumente.

4. die Mundharmonika. — Bei ihr sind es ebenfalls Federn, die

in Schwingungen gesetzt werden, und den Tönen hauptsächlich dadurch, daß sie in einem ziemlich geschlossenen Raume stehen, nicht wenig Stärke verleihen.

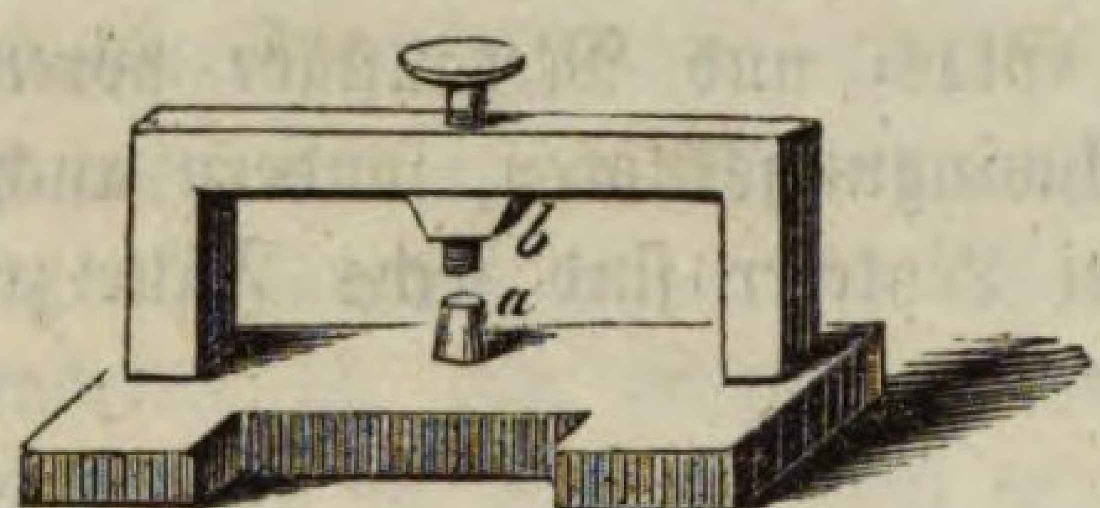
5. die Stimmgabel. — Sowol ihre Einrichtung, als auch die Vortheile, welche sie uns gewährt, sind bekannt. Sie gleicht einem gebogenen Stabe, dessen zwei Schwingungsknoten gegen die untere Krümmung einander sehr nahe liegen. Gewöhnliche Stimmgabeln geben den Ton an, den wir mit ā bezeichnen.

§. 8.

Die Schwingungen sowol gerader, als auch gekrümmter fester Flächen.

Außer einer Glokke und etwa einem Trinkglase, die gekrümmte feste Flächen bilden, gehören zu denjenigen Experimenten, welche ich hier anzustellen habe, verschieden gestaltete gerade Scheiben von Glas oder Metall. Fast immer leisten dünne, aus gewöhnlichem Fensterglase bereitete Scheiben die besten Dienste*). Um zuvörderst einer derselben einen solchen Stützpunkt zu geben, der ihr zwar als Widerhalt dient, sie aber doch auch bei ihren Schwingungen nicht beschränkt, bediene ich mich eines eigenen Apparates, welchen ihr in der hier beigefügten Fig. 119 dargestellt seht. Meine Geschäfte sind folgende:

Fig. 117.



1. schiebe ich die Scheibe zwischen den Cylinder *a* und die Schraube *b*; 2. umgebe ich, damit sie nicht etwa zerspringe, jenen oben, diese aber unten mit Kork oder Leder; 3. bestreue ich sie, um auf ihr die Knotenlinien sichtlich darzustellen, mit zwar feinkörnigem, doch aber nicht staubartigem trokkenem Sande; endlich 4. schleife ich sie an ihrem Rande, weil sie dort vermittels eines Violinbogens gestrichen werden muß, durch Schmirgel glatt. Besäße ich keinen eigenen Apparat; so würde ich die Scheibe zwischen zwei oder drei Finger fassen, und dabei mich bemühen, sie in möglichst wenigen Punkten zu berühren. Ehe ich nun eine Menge Versuche mit meinen quadratischen, dreiekkigen, kreisförmigen Scheiben u. dgl. mache, fordere ich euch auf, nicht nur den Ton, den ihr hören, sondern auch die Knotenlinien, welche ihr sehen werdet, genau in Erwägung zu ziehen. Die Figuren, welche sich durch die verschiedenen Knotenlinien bilden, möget ihr ferner sofort auf eure Schiefertafeln zeichnen. — Die Experimente seien vollendet; wie steht es nun wol mit der Wahrheit folgender Behauptungen:

1. Nur helle, reine Töne der Scheibe geben eine regelmäßige Figur; hingegen dumpfe, unreine, die besonders durch schiefe Bogenstriche hervorgerufen werden, wirren die Sandkörnlein stets mannigfach durch einander.

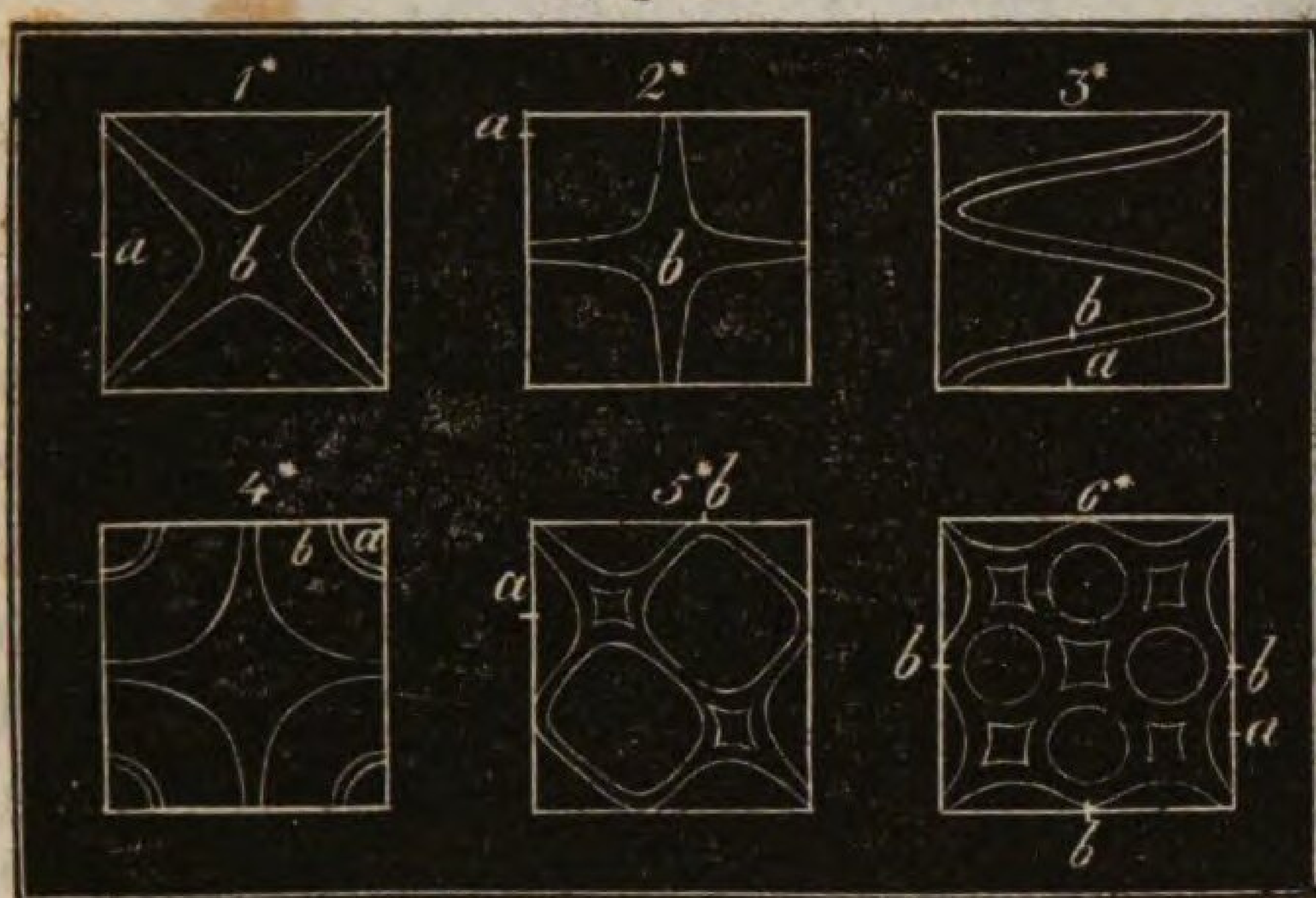
---

*) Gesonnen, auf der Scheibe selbst die entstandenen Klangfiguren mit Bleistift nachzuzeichnen, wähle man zu seinen Versuchen eine matt geschliffene Glastafel aus.

2. Die Höhe des Tons hängt hauptsächlich von der Gestalt der Scheibe und der größern Zusammensetzung der Figur ab; im Allgemeinen gilt das Gesetz: »je zusammengesetzter die Figur, desto höher der Ton.«

3. Um auf derselben Scheibe wiederholt neue Figuren hervorzurufen, habe ich 1. ihren Unterstützungspunkt, und 2. diejenige Stelle, an der ich meinen Violinbogen hinabgleiten lasse, stets von Neuem zu verändern. — Welchen Einfluß die bezeichneten Umstände ausüben, möge euch aus der hier beigefügten Zeichnung klar werden. Die Figuren selbst bedürfen keiner Beschreibung; mit Rücksicht auf die Buchstaben aber merket euch, daß *a* die angestrichene, und *b* die jedes Mal unterstützte Stelle der Scheibe andeutet.

Fig. 118.



4. Bei allen Scheiben, welcher Gestalt sie also auch sein mögen, bezieht sich jede Klangfigur auf Linien, welche entweder queer, oder mit dem ganzen Umfange, oder auch nur mit einem Theile des letztern parallel gehen; ein wirkliches gegenseitiges Durchschneiden derselben findet nicht Statt.

5. Die Knotenlinien auf einer quadratischen Scheibe sind entweder den Kanten (Fig. 119), oder den Diagonalen derselben (Fig. 120) parallel. Vollkommen gerade erscheinen sie nie; wir finden vielmehr, daß sie stets eine kleine Krümmung machen, folglich etwas von der angenommenen Richtung abweichen.

Fig. 119.

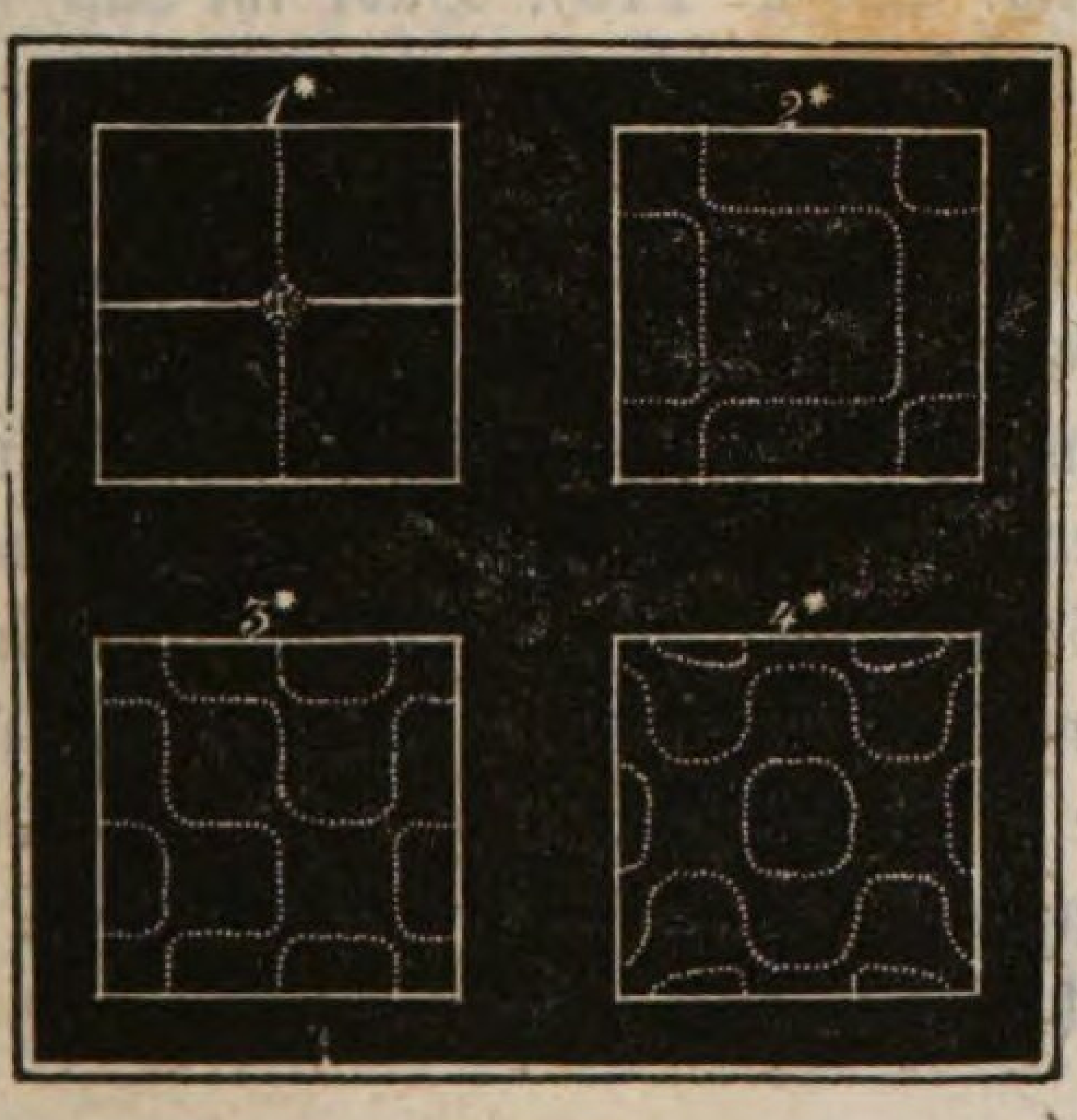
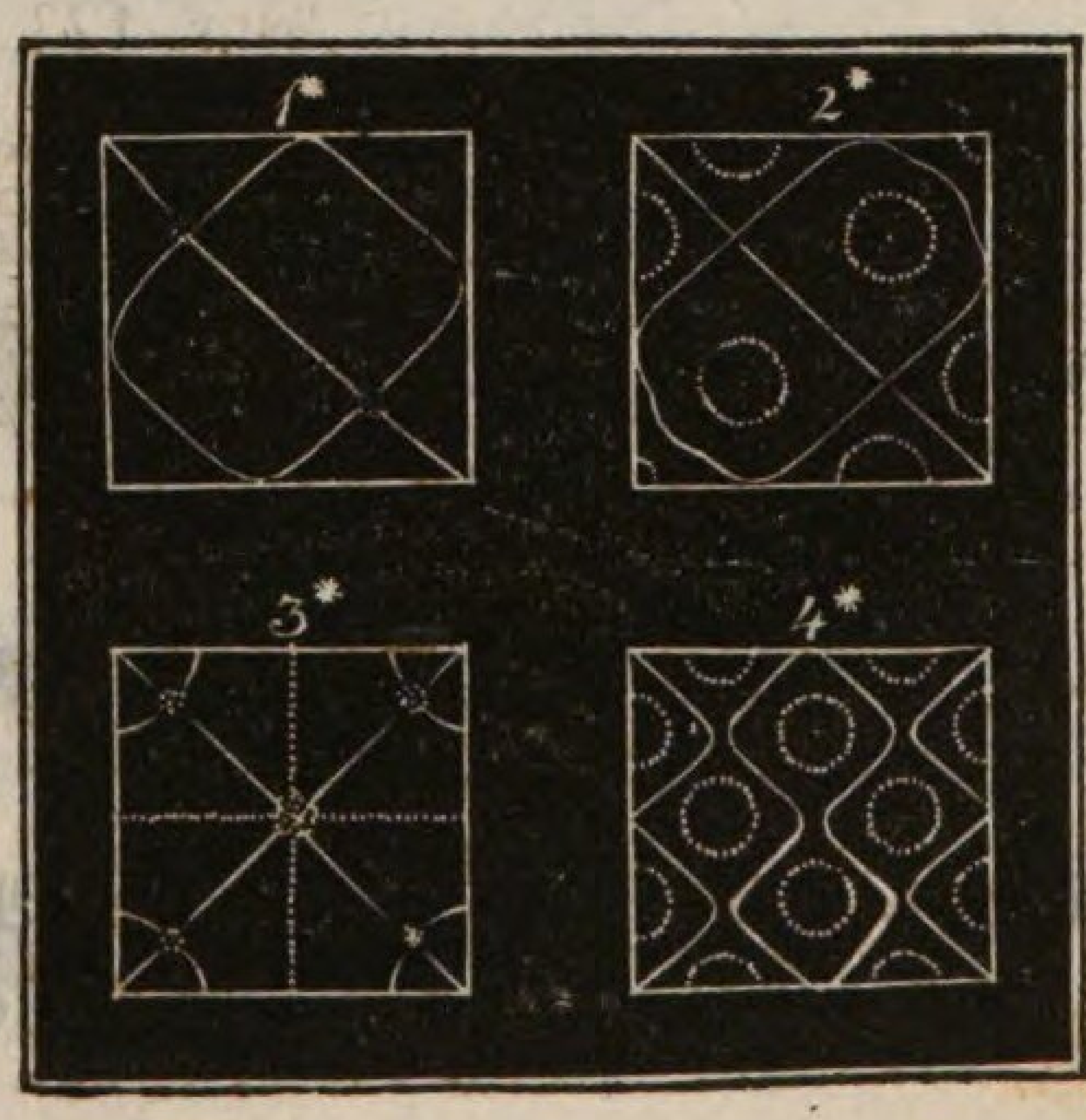


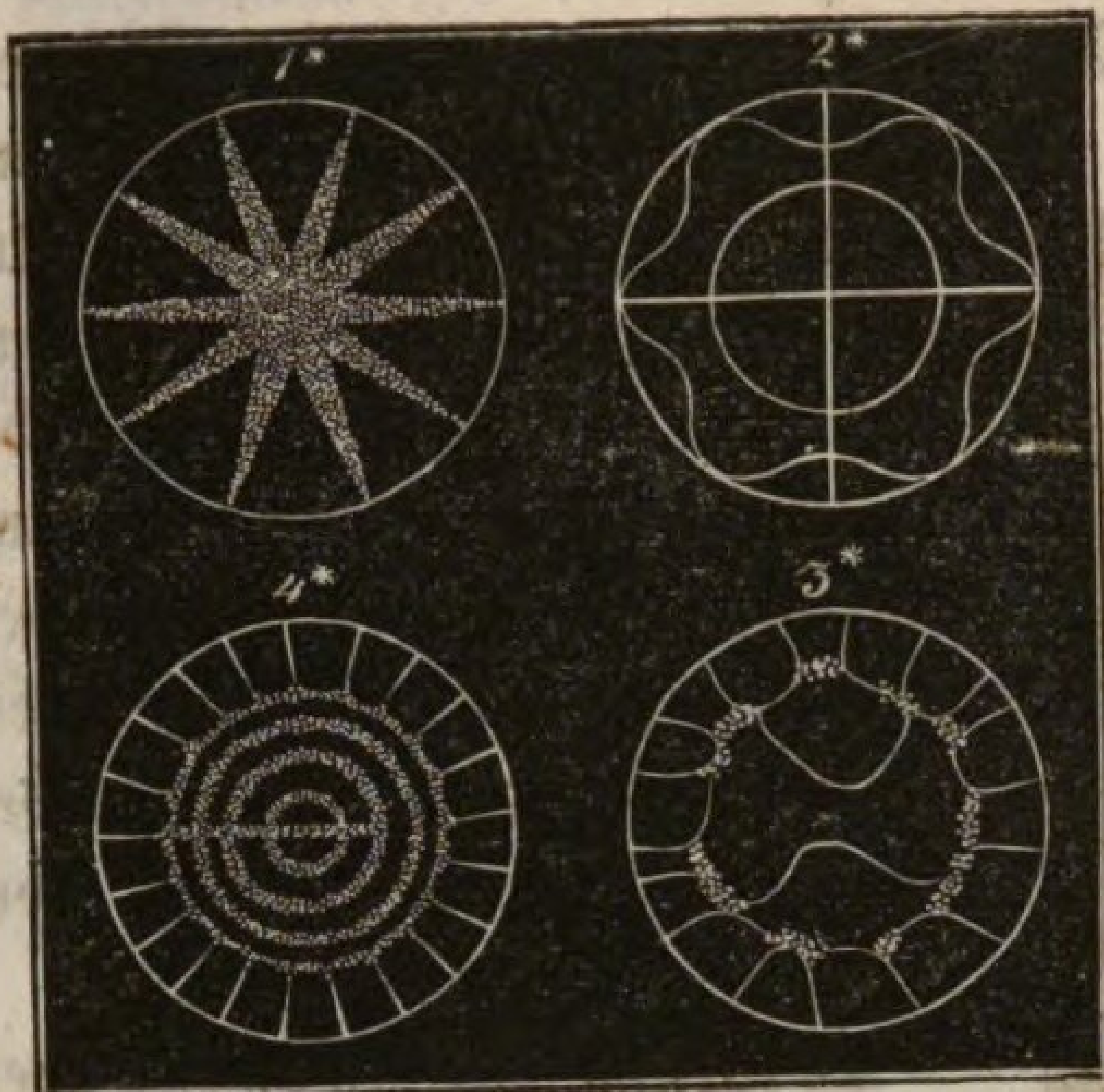
Fig. 120.



Theilen sie die Flächen in vier kleinere Quadrate, so entsteht der tiefste, bilden sie hingegen einen fast regelmäßigen Kreis, der höchste Ton.

6. Die Knotenlinien kreisförmiger Scheiben bilden entweder Durchmesser, oder concentrische Kreise, oder jene und diese zugleich (Fig. 121). Solche Klangfiguren, die nur aus Durchmessern zusammengesetzt sind, zeigen sich, wenn die Linien gerade sind und sich scheinbar in der Mitte durchschneiden, sternförmig; ganz anders gestaltet hingegen, wenn sie sich krümmen oder auf mancherlei Weise trennen und wieder verbinden. Die Winkel, welche durch die Durchmesser gebildet werden, liegen natürlich am Mittelpunkte, und besitzen, weil in derselben Zeit sämmtliche Theile der Scheibe gleich viel Schwingungen machen müssen, auch gleiche Größe. Nie sehen wir weniger Durchmesser, als zwei. Concentrische Kreise ferner kommen selten allein vor; sie sind vielmehr fast immer mit einigen Durchmessern verbunden. Je größer die Zahl dieser Linien ist, desto näher befindet sich der innere Parallelkreis dem Rande. Die unter Nr. 2 angegebene Behauptung erweist sich auch bei kreisrunden Scheiben als wahr. Durchschneiden sich nämlich nur zwei solche Knotenlinien, so erhalten wir unter allen Schwingungsarten den tiefsten Ton; sind drei vorhanden, so ist der Ton schon bedeutend höher u. s. w.

Fig. 121.



7. Bei Glokken, Ringen, becherartigen Körpern u. dgl. theilt sich der kreisförmige Umfang gewöhnlich in vier, selten in sechs, acht oder noch mehr Theile, von denen je zwei sich begrenzende stets nach entgegengesetzten Richtungen schwingen. Einiger Maßen zeigen euch Dies die hier beigefügten Bilder (Fig. 122 u. 123). Habt ihr Lust, jene Abtheilungen anschaulich darzustellen; so gießet nur Wasser in ein hierher gehöriges Gefäß (dünne Gefäße von Glas, alte Pokale u. dgl. eignen sich am besten zu diesem Experimente) und beachtet mit Sorgfalt die Wellen-Systeme, welche sich bei dem Ertönen jener Körper bilden! Fast immer sind sie um den Rand des Gefäßes gleichmäßig vertheilt; nur wenn mehr Abtheilungen, als vier, entstehen, rükken sie einander näher und lassen zwei Lükken zwischen sich. —

Fig. 122.

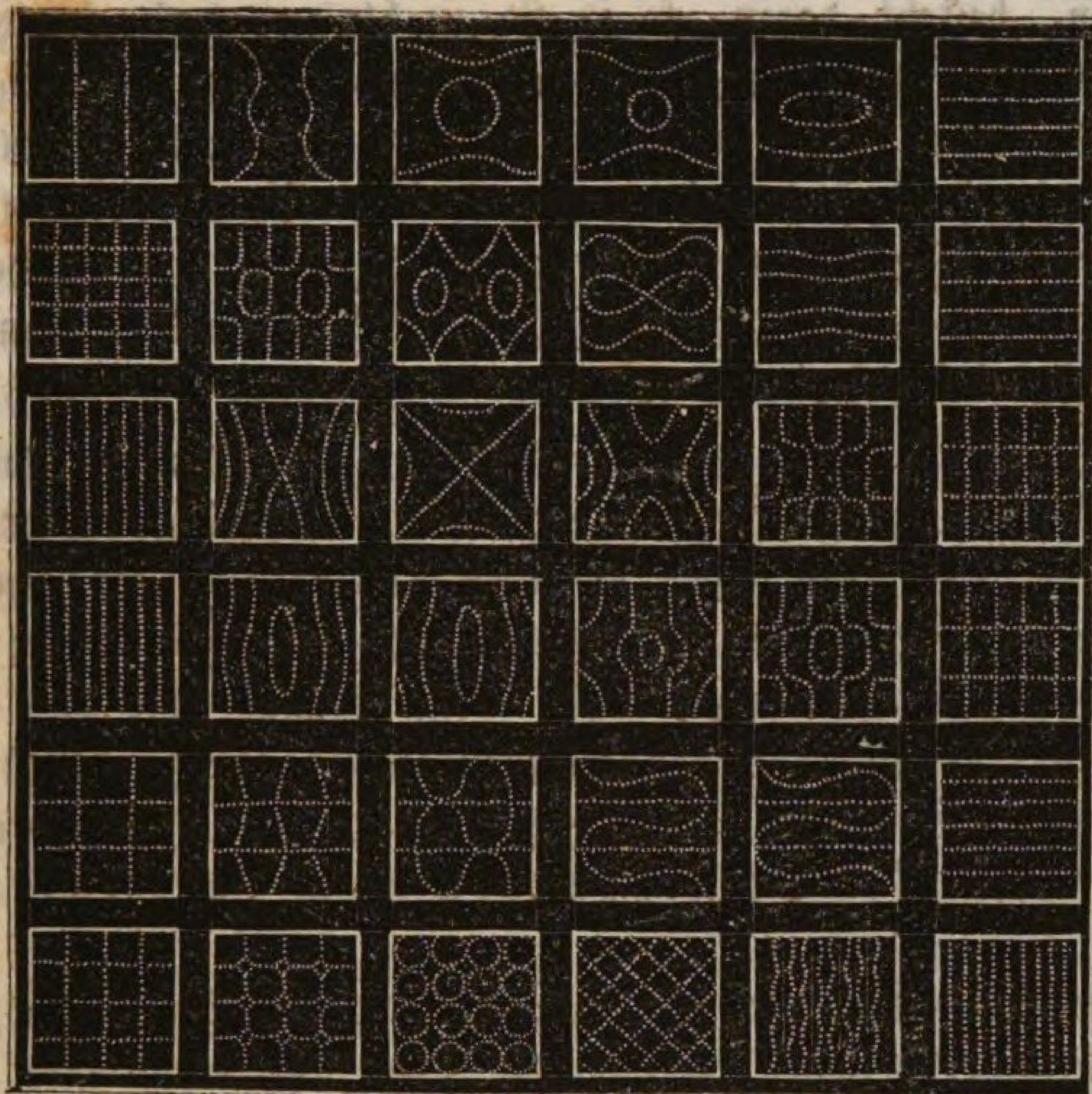


Fig. 123.



Ueberzeugt, es wird euch Freude machen, eine Menge Klangfiguren zu sehen, habe ich hier noch 36 solche, die wir auf quadratischen Scheiben erhalten können (Fig. 124), abbilden lassen. Jede wagerechte Reihe zeigt euch, wie eine durch irgend einen Ton bestimmte Figur allmälig in andere Figuren übergeht. — Dreiekkige, vielekkige und kreisförmige Scheiben bieten uns ähnliche Erscheinungen dar.

Fig. 124.



Fahre ich mit einem benetzten Finger auf dem Rande eines Wein- oder Bierglases von guter Masse umher; so erhalte ich einen Ton, und noch dazu den tiefsten, dessen das Gefäß fähig ist. Dieser Art, verschiedene Töne hervorzubringen, verdanken wir die liebliche Glasharmonika. Ihre Einrichtung ist folgende:

Auf einer Walze, die ungefähr 3/4 Zoll dick ist und auf einem Gestell horizontal ruht, sind 40 und mehr hohle, gleich dikke Halbkugeln von Glas so in einander geschoben, daß stets der Rand der einen Halbkugel unter dem Rande der nächstfolgenden, ohne daß sich jedoch beide gegenseitig berühren, etwas hervorragt. Die größte Glokke giebt den tiefsten, die kleinste den höchsten Ton. Alle diese Glokken sind oben durchbohrt, vermittels eines Korkes an die Walze befestigt, und werden nach der Tonleiter ganz rein eingestimmt. Der Umfang des Instruments beträgt drei bis vier vollständige Oktaven. Weil sich die Glokken mit der Walze zugleich drehen; so liegen auch ihre Knotenlinien nicht immer auf einerlei Stelle, sondern rükken allmälig im Kreise herum. Gerade Dies verursacht bei dem Bau des in Rede stehenden Instrumentes bedeutende Schwierigkeiten. Uebrigens bleibt die Glasharmonika, so sehr sie sich auch durch die Feinheit und das Anhaltende ihres Tones auszeichnet, doch immer ein Instrument, welches sich auf sanfte Empfindungen beschränkt und eine Verbindung mit andern musikalischen Werkzeugen wenig, ja gar nicht, zuläßt.

§. 9.

Die Schwingungen der Luft.

Soll die Luft einen Ton erzeugen; so ist dazu die Mitwirkung eines festen Körpers erforderlich. Ohne denselben entsteht stets nur ein Geräusch. Fast sämmtliche festen Körper aber, in die sie eingeschlossen wird, dehnen sich hauptsächlich in die Länge aus und führen den Namen Blaseinstrumente. So treten denn auch Flöten, Fagotte, Posaunen, Trompeten, Waldhörner, Klarinetten, selbst die prachtvollen Orgeln mit ihren zahlreichen Pfeifen in un-

ser Bereich. Das einfachste Mittel, bei Instrumenten der bezeichneten Art einen Ton hervorzurufen, besteht darin, so in sie zu blasen, daß eine dünne Luftschicht äußerst schnell in Bewegung gesetzt wird und sich an der Schärfe der Röhrenränder bricht. Eine solche Luftschicht vertritt mithin die Stelle des Bogens bei der Violine, des Violoncello's u. s. w. Die Art des Anblasens richtet sich nach der Eigenthümlichkeit des Instruments (man vergleiche mit Rücksicht hierauf nur die Flöte, das Waldhorn und die Klarinette!), muß erlernt und allmälig zur Fertigkeit gebracht werden.

Daß wirklich die Luftsäule, nicht also der Körper, von dem sie umgeben ist, den Ton erzeugt, erfahren wir, wenn wir irgend ein Blaseinstrument vermittels unserer Hände berühren, und dabei erwägen, ob es eine Störung im Tone, vielleicht gar, wie unter denselben Umständen eine klingende Saite, ein plötzliches Aufhören desselben wahrnehmen läßt. Nun bringt aber das angewandte Mittel nie eine der bezeichneten Aenderungen zuwege; ferner weiß auch jeder Bläser aus Erfahrung, daß die Höhe des Tones von der Länge der Luftsäule abhängt. — Die Schwingungen einer Luftsäule sind longitudinal.

Bei solchen Blaseinstrumenten, die, wie Waldhörner und Trompeten, aus einer Röhre ohne Grifflöcher bestehen, werden die Töne nur vermittels eines verschiedenen Anblasens erzeugt. Die Luftsäule schwingt hier entweder ihrer ganzen Ausdehnung nach, oder theilt sich, wie eine Saite, in 2, 3, 4 und mehrere gleiche Theile. Ungeachtet Instrumente dieser Art, weil sich bei ihnen die Töne zu einander verhalten, wie die Längen der schwingenden Luftsäulen, eigentlich nur die Töne der natürlichen Zahlenreihe, also:

1.	2.	3.	4.	4.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
C.	c.	g.	$\overline{c}$.	$\overline{e}$.	$\overline{g}$.	$\overline{hes}$.	$\overline{\overline{c}}$.	$\overline{\overline{d}}$.	$\overline{\overline{e}}$.	$\overline{\overline{fis}}$.	$\overline{\overline{g}}$.	$\overline{\overline{a}}$.	$\overline{\overline{hes}}$.	$\overline{\overline{h}}$.	$\overline{\overline{\overline{c}}}$.	u. s. w.

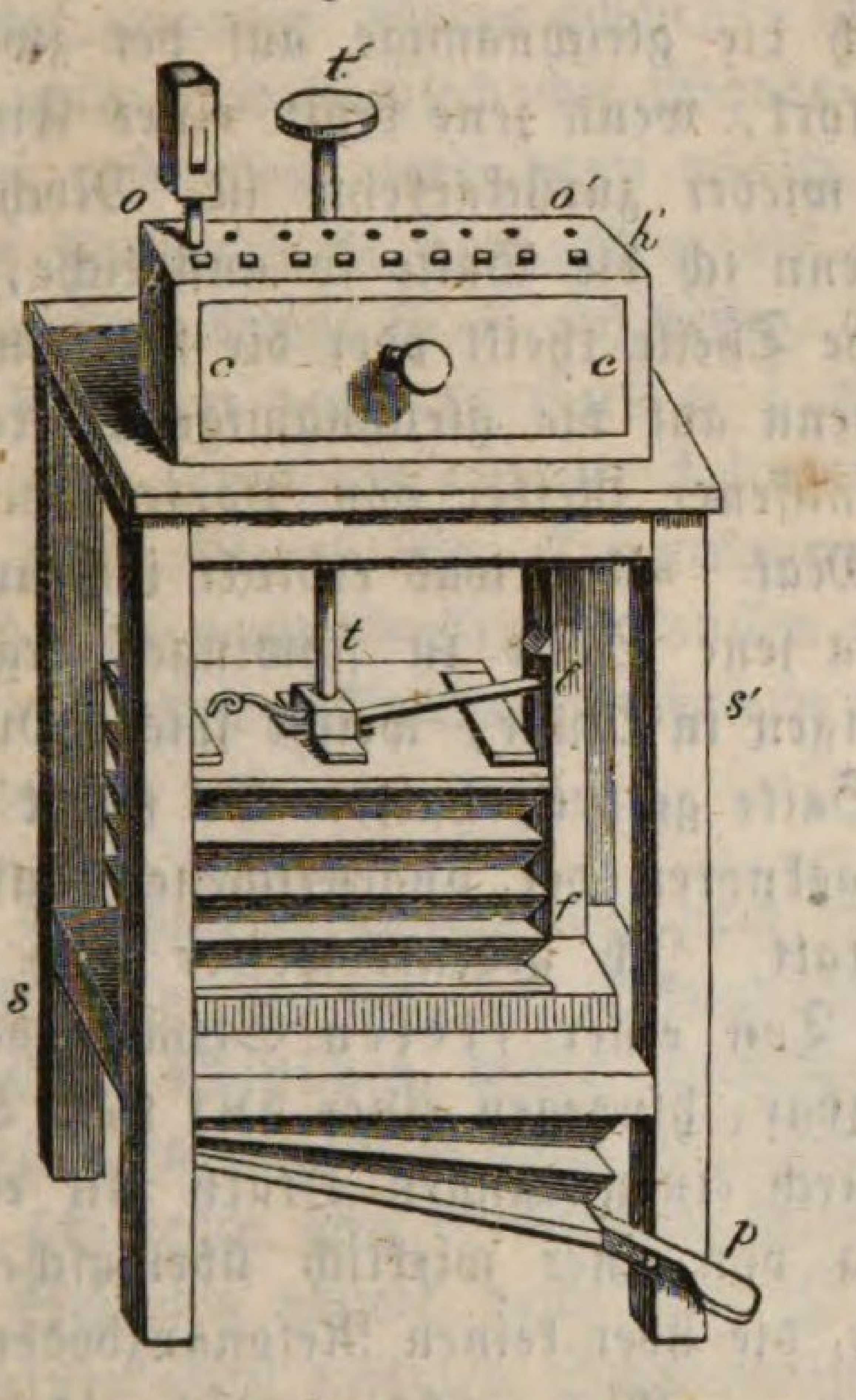
geben sollten; so lassen gute Bläser, freilich aber nur in den höhern Oktaven, auch die übrigen Töne rein hören. Bei den Posaunen schwingt größtentheils nur die ganze Luftsäule. Will jedoch ein Bläser bei demselben Zuge zwei oder drei verschiedene Töne hervorbringen; so darf er wieder nur seinen Ansatz verändern, und er wird in den meisten Fällen seine Absicht erreichen. Ob übrigens ein Instrument von solcher Beschaffenheit gerade oder gebogen ist, kommt bei dem Klange wenig in Betracht — Noch erwähne ich des Alpenhornes. — Dies ist das höchst einfache Instrument, welchem die Schweizer ihren Kuhreigen, das vielleicht natürlichste, nur aus den Tönen 2, 3, 4 und 5 bestehende Musikstück, entlokken. Sie bereiten es auf eine sonderbare Weise. Indem sie nämlich die Spitze eines jungen Baumes auf die Erde befestigen, nöthigen sie denselben, fortan, nämlich einige Jahre lang, bis er die nöthige Stärke erreicht hat, in einer halbkreis-förmigen Richtung zu wachsen. Dann spalten sie ihn der Länge nach, höhlen beide Hälften aus und leimen sie wieder zusammen. Zuletzt beschenken sie ihr gekrümmtes Instrument mit einem Mundstükke, setzen es an die Lippen und rufen aus ihm die angenehmen Töne hervor.

Bei langen Pfeifen, die, wie in den Flötenregistern der Orgel, keine Grifflöcher haben, können wir zwar auch vermittels eines verstärkten Anblasens einige Töne der natürlichen Zahlenreihe hervorbringen; allein wir machen von

diesen Nebentönen keinen Gebrauch. Alles Uebrige gleich gesetzt, verhalten sich auch hier die Grundtöne, wie die Längen der Pfeifen. Bei der Angabe des Grundtones einer solchen Pfeife, die oben offen steht, bildet sich stets in der Mitte derselben ein Schwingungsknoten; bei jeder andern, die also oben geschlossen ist (wir nennen sie eine gedackte Pfeife) tritt Dies nicht ein. So kennt ihr nun auch die Ursache, warum eine Pfeife sogleich, da sie zugedeckt wird, einen Ton hören läßt, der an Tiefe den vorigen um eine reine Oktave übertrifft. Wol jedes Orgelwerk besitzt ein Register mit gedackten Pfeifen.

Wer über das Ertönen der Röhren Versuche anstellen will, verschaffe sich einen Apparat, wie der in Fig. 125 abgebildete. Es bezeichnet: *ss'* einen gewöhnlichen Blasebalg; *p* das Pedal, durch das jener aufgebläht wird; *cc* einen Kasten; *ff'* die Röhre, welche den Wind nach *cc* leitet. Außer den bereits genannten Theilen bemerkt ihr ferner in der Oberfläche des Kastens *cc* etwa ein Dutzend Löcher. Diese sind zwar durch Ventile geschlossen, können aber, wobei ihr blos auf die ihnen entsprechenden Tasten zwischen *h* und *h'* zu drükken braucht, geöffnet werden. Vermittels des Stabes *t* läßt sich der Wind beliebig schwächer, oder stärker machen.

Fig. 125.



Um ganze Melodieen blasen zu können, bedürfen wir solcher Instrumente, die mit Grifflöchern versehen sind. Ich erinnere euch hierbei zuvörderst an die Flöte. Die verschiedene Höhe der Töne wird hauptsächlich dadurch bewirkt, daß wir die vibrirende Luftsäule, indem wir die Löcher öffnen und wieder verschließen, bald verkürzen, bald verlängern. Bedekken wir sämmtliche Löcher der Röhre; so ist das Instrument, weil nun ganz so vorgerichtet, wie ein Waldhorn, eine Trompete u. s. w., der natürlichen Tonreihe fähig.

Wer die Töne kennen lernen will, welche entstehen, wenn mit der Luftsäule zugleich noch ein fester Körper schwingt, hole sich eine Pfeife aus den sogenannten Rohr- oder Schnarrwerken der Orgel. Die Hauptheile derselben sind die Röhre und das Mundstück: jene ist stets offen und hat bei den verschiedenen Registern eine verschiedene Gestalt; in diesem, welches, weil es auch für sich allein tönt, als ein besonderes Instrument gelten kann, liegt die Zunge, ein dünnes, langes, bewegliches Metallblatt. Kraft des Drukkes derjenigen Luft, welche in die Pfeife dringt, öffnet sich die Klappe am Mundstück, die Zunge geräth in eine schwingende Bewegung, und verleiht dem Tone, wenn sie anders zum Aufschlagen geeignet ist, seine schnarrende, gerade nicht besonders schöne Eigenthümlichkeit.

Die Oboen, Fagotte, Klarinetten, überhaupt alle musikalischen Werkzeuge, die 1. ein Mundstück, welches dem gleichnamigen Theile einer Zungenpfeife ähn-

ist, und 2. in ihrer Wand Grifflöcher, oder auch Klappen haben, sind noch viel weniger, als Waldhörner, Trompeten u. dgl, genau untersucht.

§.10.

Die Resonanz oder das Mitklingen der Körper.

Hier liegen 2 vollkommen gleich gestimmte Violinen. Indem ich nun die *G* Saite des einen Instrumentes anstreiche, sehen wir deutlich, daß mit ihr auch die gleichnamige Saite des andern schwingt. Ganz dieselbe Erscheinung tritt uns bei der *D*, der *A* und der *E* Saite entgegen. Wie nämlich die angestrichene Saite sich bewegt, so stets auch die gleichnamige auf der zweiten Violine; ja diese vibrirt selbst dann noch fort, wenn jene kraft eines Fingerdrukkes in den Zustand der Ruhe längst wieder zurückgekehrt ist. Noch ein höheres Interesse erregt mein Versuch, wenn ich die Saite so anstreiche, daß sie sich in 2, 3, 4 oder noch mehrere gleiche Theile theilt oder die sogenannten Schwingungsknoten bildet. So setze ich denn auf die gleichnamige Saite der zweiten Violine eine Menge zusammengekniffener Reiter von Papier und experimentire nach voriger Weise noch ein Mal. »Und was erblickt ihr nun?« Ungeachtet alle übrigen Reiter sogleich, da jene Saite zu schwingen begann, abgeworfen wurden; so blieben doch diejenigen in Ruhe, welche solche Punkte bedeckten, bei denen sich die angestrichene Saite getheilt hatte. Es findet mithin selbst ein Uebertragen der Schwingungsknoten der angestrichenen auf die gleichnamige Saite der andern Violine Statt. Ich gedenke weiter noch einiger hierher gehöriger Erscheinungen. Der Ton einer freien Stimmgabel ist ungemein schwach, ja fast gar nicht vernehmbar; hingegen einer auf den Tisch gestemmten, oder, noch besser, einer durch einen langen Drath mit einem Resonanzkasten verbundenen, sehr stark, ja von einer wirklich überraschenden Kraft. — So giebt ferner auch jede Saite, die über keinen Resonanzboden gespannt worden ist, nur einen schwachen Ton. — Wer wüßte endlich nicht, daß ein klarer Ton, gleichviel ob unserer Stimme, oder irgend eines Instrumentes, in einem nahe stehenden Klaviere deutlich nachhallt? »Worin liegt nun wol die Ursache aller dieser und noch viel anderer Erscheinungen der bezeichneten Art?« Folgende sowol durch die Theorie, als auch durch die Erfahrung begründete Sätze werden sie euch kennen lehren:

»1. Der tönende Körper theilt seine Schwingungen einem gleichartigen Körper leichter und besser mit, als einem ungleichartigen.« —

»2. Die Vollkommenheit, mit welcher die Schwingungen eines festen Körpers in die Luft übergehen, hängt von dessen **Form** (Flächen gehen hierbei den Stäben voraus), **Tonhöhe** (je höher der Ton, desto vollkommner gewöhnlich die Mittheilung) und **Schwingungsweise** (die Längenschwingungen eignen sich, weil sie sich leichter übertragen, besser, als die Querschwingungen) ab. —Die Form der Körper kommt hauptsächlich in Betracht. Dies zeigt euch schon das Experiment mit der Stimmgabel. Stemme ich dieselbe, während sie noch tönt, auf einen Tisch; so theilen sich ihre Schwingungen dem Holze mit, und gehen, weil der Tisch eine große

Fläche hat, um so leichter in die Luft über. Erst jetzt wird euch auch die Wichtigkeit der Resonanzböden klar. Je trockner, elastischer, gleich gefaserter das Holz ist, aus dem sie bestehen; desto stärker und angenehmer erklingen auch die Töne. In der Regel gewinnt der Resonanzboden allmälig an Güte. Wer die feine Beobachtungsgabe besitzt, stets das geeignetste, aus leicht erregbaren Fasern zusammengesetzte Holz herauszufinden, wird auch Instrumente liefern, die wir nicht an jeder Straßenekke zu kaufen bekommen. Geschickte Musiker erkennen zuweilen schon aus dem Klange eines Fortepiano, einer Violine u. s. w. den Verfertiger des betreffenden Instrumentes. Ist der Resonanzboden zu dick, so werden seine Theile zu wenig, — ist er zu dünn, zu sehr erschütttert. Schon hieraus könnt ihr euch erklären, warum zuweilen Flöten dumpfe und Orgelpfeifen schreiende Töne erzeugen (bei jenen sind nämlich die Wände zu dick, bei diesen zu dünn), und warum ferner zerbrochene und dann wieder zusammengeleimte Resonanzböden gar oft einen klangreichern Ton geben, als vorher. Redensarten, wie folgende: »mein Fortepiano klingt in E dur besser, als in F dur; die Töne Gis und H erscheinen besonders voll und stark u. s. w.,« beruhen auf einem triftigen Grunde. Ein Resonanzboden enthält bekanntlich Fasern der verschiedensten Art. Da nun jeder Körper seine Schwingungen gleichartigen Körpern lieber, als ungleichartigen, mittheilt; so müssen offenbar diejenigen Töne, welche die größte Anzahl ihnen entspechender Fasern antreffen, auch die bedeutendste Stärke besitzen. —

Schließlich gedenke ich noch einer Kunst, die namentlich früher großes Aufsehen erregt hat, des sogenannten Glaszerschreiens. Denket euch dabei einen Menschen, dessen Stimme sehr stark, und ein Glas, dessen Fähigkeit zu vibriren ungemein groß ist! Jener halte so eben das Glas an den Mund und schreie in dem Grundtone desselben mit voller Kehle hinein. Je länger das Schreien dauert, desto mehr Stöße erhält auch das Glas; endlich zerfällt es seiner allzu heftigen Schwingungen wegen in Staub. Daß ein solcher sonderbarer Künstler vorher einen feinen Riß in sein Gefäß machen sollte, ist ein unzeitiger Argwohn; hören wir doch oft genug in Kirchen, wenn daselbst ein starker, tiefer Ton lange ausgehalten wird, die Glasscheiben gewaltig klirren; »oder haben wir noch nie ein Fenster, wann Kanonen losgebrannt wurden, in Stükke zerfallen sehen?« — Die Glasschreier waren übrigens schon den Juden bekannt. —

Zuweilen zerspringt ein Glas wol auch plötzlich von selbst. So mancher Unwissende, in dessen Nähe ein solcher Vorfall sich ereignet, wird dadurch in die größte Unruhe versetzt, indem er sich einbildet, daß entweder sein eigener Tod nicht fern sei, oder doch mindestens einer seiner Anverwandten in Kurzem sterben werde. Wie thöricht! die bekannte Erscheinung ist eben so wenig ein Todtenprophet, als das Käferlein, das in unsern Holzwänden pickt, oder das Käuzchen, welches auf dem Fensterbrette einer Krankenstube seine Stimme hören läßt. Auch bei ihr liegt aller Wahrscheinlichkeit nach die Ursache in einer recht starken Erschütterung aller Theile des in Rede stehenden Glases.

§. 11.

Die Stärke des Schalles.

Der Versuch mit den beiden silbernen Löffeln; das Reiben zweier Steine an der Oberfläche des Wassers; die bekannte Gewohnheit, uns, wenn wir ein fernes Geräusch deutlich hören wollen, auf die Erde zu legen u. s. w, haben uns gelehrt, daß das Mittel, welches den schallenden Körper umgiebt, die Töne bald schwächt, bald verstärkt. Um wenigstens noch einen solchen Versuch zu machen, lege ich eine Taschenuhr nach einander in Wasser, Baumöl, Terpentinöl und Luft (die angegebenen Flüssigkeiten sind nach ihrer Dichtigkeit geordnet: Wasser ist dichter, als Baumöl; dieses dichter, als Terpentinöl; Terpentinöl dichter, als Luft), und fordere euch auf, genau zu beobachten, wie weit das Tippen derselben in jeder Flüssigkeit wahrzunehmen ist. Der Erfolg überrascht. In Wasser gelegt, läßt uns die Uhr ihre Schläge selbst noch bei einer Entfernung von 20 Fuß deutlich hören; in Baumöl thut sie Dies höchstens noch bei 16, in Terpentinöl bei 12 und in freier Luft gar nur noch bei 8 Fuß Entfernung. Genug, die Erfahrung bestätigt folgendes Gesetz: »je dünner das fortleitende Mittel ist, desto schwächer ist der Schall; je dichter, desto stärker.« So darf es euch denn nicht mehr befremden, daß musikalische Instrumente in kalten Stuben stärker klingen, als in warmen; daß eine Pistole, auf einem hohen Berge abgeschossen, fast nur wie eine Schlüsselbüchse knallt u s. w. Die Ursache, aus der wir bei Nacht einen Schall weiter hören, als bei Tage, liegt, abgesehen davon, daß der Lärm des Tages verschwunden und der Sinn des Gehörs um so schärfer hervorgetreten ist, hauptsächlich in dem bezeichneten Umstande; vielleicht aber auch darin, daß die Schallwellen bei Tage bald durch dünnere, bald durch dichtere Luftschichten gehen müssen. Besonders stark ist dieser Unterschied in der heißen Zone bemerkbar. Dürfen wir anders den Nachrichten, die uns zu Theil geworden sind, Glauben beimessen; so versteht man in den Polargegenden, wann die Luft so recht kalt ist, eine starke menschliche Stimme auf 7 Tausend Fuß. Bei uns wird sie kaum so viele Hundert Fuß fortgetragen. Die größten Entfernungen, bis zu denen hin sich einige der bedeutendsten Erschütterungen verbreitet haben und zum Theil noch immer verbreiten, sind in folgenden Beispielen angegeben: »die Explosionen des Vulkans auf St. Vincent hörte man bis Demarary, also 300 englische Meilen weit; einen Kanonenschuß ferner vernimmt man über 20 deutsche Meilen, einen Flintenschuß auf 8000 Schritt, eine Escadron Cavallerie bis auf 2400 Fuß u. s. w.«

Die Art, wie sich der Schall von einem Orte zum andern fortpflanzt, lehrt uns ferner, daß die Stärke desselben durch die Weite des Hörers vom tönenden Körper bedingt wird. — Je mehr er auf seiner Bahn vorwärts kommt, desto größer ist jede seiner Wellen, desto geringer seine Kraft. Vorausgesetzt, es sei allein die Luft das fortpflanzende Mittel, oder es können sich, bestimmter ausgedrückt, die Schwingungen von dem tönenden Körper oder dem Vibrations-Mittelpunkte aus nach allen Seiten hin verbrei-

ten (von Röhren ist also hier nicht die Rede); **dann nimmt die Stärke des Schalles im umgekehrten Verhältnisse mit den Quadraten der Entfernung ab.** Fast noch mehr, als die Erfahrung (letztere läßt uns hierbei nicht selten falsche Urtheile fällen), liefert zu diesem Gesetze die Theorie den Beweis.

Gar viele Tasten-Instrumente sind so eingerichtet, daß wir sie mittels angebrachter Züge bald stärker, bald schwächer, überhaupt ganz so, wie es uns beliebt, ertönen lassen können. Auch die Violinen stehen auf ähnliche Weise unter unserm Befehle. Untersucht ihr nun jene Werkzeuge näher; so werdet ihr die Hämmer, wann die Töne stark sind, unmittelbar an die Saiten, im entgegengesetzten Falle aber an künstlich befestigte Tuchfleckchen schlagen sehen. Bei den Violinen sind wieder die sogenannten Sordinen die Dämpfer des Tones. — Daß es sich ferner in einem Gange, der an der Dekke, den Wänden u. s. w. gleichsam mit Wollsäkken gepolstert ist, schwer sprechen und hören läßt (bei Gelegenheit der Wollmärkte kann man sich, wenigstens an einigen Oertern, hiervon überzeugen); daß die Thurmglokken an solchen Wintertagen, wann die Erde eine Schneedekke trägt, minder hell tönen, als an andern, da ihr dieselbe fehlt; daß ein Instrument in einem Zimmer, dessen Mauern frei dastehen, stärker klingt, als wenn die Wände mit doppelten Tapeten behangen sind: diese und noch viele andere Erscheinungen lehren euch eine dritte Ursache kennen, von der die Stärke des Schalles abhängt. Ich nenne sie **die Umgebung des schallenden Körpers.** Anstatt noch mehrere hierher gehörige Erscheinungen, z B. das Hineinstekken der Hand in die Schall-löcher der Hörner und Trompeten, das Ueberziehen der Pauken und Trommeln mit leinenen Tüchern u. s. w., anzuführen, mache ich euch lieber auf folgende Punkte aufmerksam: 1. die zuletzt angegebene Ursache zur Verstärkung oder Schwächung des Schalles fällt größtentheils mit der Resonanz zusammen; und 2. sie ist es auch, welche gewöhnlich den Abergläubischen zu allerlei thörichten Meinungen veranlaßt. Noch immer giebt es Menschen, denen z. B. der dumpfe Klang der Glokken, oder der hohle Schall bei dem Zuwerfen eines Grabes für das sicherste Zeichen eines nahe bevorstehenden Sterbefalles gilt.

Auf die Stärke des Schalles übt 4. **auch die Richtung des schallenden Körpers** einen nicht unerheblichen Einfluß aus. — So wird z. B. der Knall eines Geschützes nach derjenigen Seite hin, welche durch den Lauf desselben angedeutet wird, am stärksten gehört; der Redner ferner wendet sein Gesicht stets den Zuhörern zu u. s. w. Kommen die Schallstrahlen rechtwinklig an unsere Ohren, so hören wir die Töne stark, im entgegengesetzten Fall aber schwach. Nur der Ton der Stimmgabel scheint hiervon eine Ausnahme zu machen.

§. 12.

Die Grenze der Hörbarkeit nach Höhe und Tiefe.

Ueber die Grenze der Hörbarkeit nach Höhe und Tiefe sind die Gelehrten nicht einig, und werden es, weil dieselbe von zu vielen Umständen abhängt,

wol nie werden. So haben z. B. gewisse Personen eine größere Empfänglichkeit für hohe, hingegen andere für tiefe Töne. Gewöhnlich hält man das 32füßige C für den tiefsten Ton. Diesen Namen führt dasjenige C, welches eine 32 Fuß lange, oben offene Orgelpfeife angiebt, bei dem die tönende Luftsäule in einer Sekunde nur 32 Schwingungen macht, und das zwei Oktaven tiefer liegt, als das große C unserer Klaviere. Das Contra $\underline{\ }$ C macht mithin 64, das große C 128, das kleine c 256, das tiefste Diskant $\overline{c}$ 512, das zwei Mal gestrichene $\overline{\overline{c}}$ 1024, das drei Mal gestrichene $\overline{\overline{\overline{c}}}$ 2048, das vier Mal gestrichene $\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}$ 4096, das fünf Mal gestrichene $\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}}$ 8192 Schwingungen in einer Sekunde. Die Töne, welche wir fast immer auf dem Fortepiano gebrauchen, gehen vom Contra F bis zu dem vier Mal gestrichenen f und haben für den Zeitraum einer Sekunde die Schwingungszahlen $85\frac{1}{3}$ und 5461. Was bisher über die Grenze der Hörbarkeit nach Höhe und Tiefe erforscht worden ist, läßt sich in die wenigen Worte zusammenfassen: »die Reihe der Töne beginnt mit dem 32füßigen C und schließt mit dem sechs Mal gestrichenen G.« Der letztere Ton schwingt in einer Sekunde über 24000 Mal.

§. 13.

Die Stimm-Werkzeuge des Menschen.

Ueber die Einrichtung der Stimm-Organe, und die Art, wie durch dieselben ein Ton hervorgebracht wird, befinden wir uns noch immer in großer Ungewißheit. Zwar haben es sich die Gelehrten zu allen Zeiten ernstlich angelegen sein lassen, die Eigenthümlichkeit der menschlichen Töne, besonders deren Erzeugung, zu erforschen; allein die Schwierigkeit der Untersuchung einerseits, die nur an Leichnamen, nicht also, wie es zu wünschen wäre, mit lebendigen Wesen angestellt werden kann, und der nicht selten eintretende Mangel der dazu nöthigen, sehr ausgebreiteten Kenntnisse über den Schall, den Bau des menschlichen Körpers im Allgemeinen und selbst über die Musik andererseits ließen sie bis jetzt über die oben genannten Gegenstände zu keiner befriedigenden Einsicht gelangen.

Aus der Lunge, diesem zweiflügeligen Körper mit seinem häutigen, zelligen Wesen, geht die Luft zuvörderst in die Luftröhre, welche dem Bestreben ihrer elastischen Knorpel, sie zu erweitern, durch einen Queermuskel, der sie mehr oder weniger verengt, ununterbrochen entgegenwirkt. Nur deshalb kann die Luft aus der Lunge in sie bald mit größerer, bald mit geringerer Heftigkeit überströmen. Von der Luftröhre gelangt sie in den Kehlkopf, die Stimmritze, den Schlund und zuletzt in die Mundhöhle. Die Stimmritze, unstreitig das vornehmste Ton-Organ, wird durch zwei elastische Häutchen, die Stimmbänder, welche neben einander liegen, gebildet. Gesonnen, euch ihre Wirkung zu veranschaulichen, dürft ihr nur über ein Rohr zwei noch feuchte Häutchen eines Hühnerei's ungleich stark spannen: sobald letztere durch die

Luft, welche an ihre Ränder stößt, in Schwingungen gerathen, gewahrt ihr auch den Ton. Einige, welche die in Rede stehenden Organe einer Zungenpfeife der Orgel ähnlich finden, sehen in der Lunge den Blasebalg, in der Luftröhre den untern Theil des Mundstükkes, in den Stimmbändern die Zunge, und in der Mundhöhle denjenigen Theil einer solchen Pfeife, welcher gewöhnlich der Körper genannt wird; Andere vergleichen sie mit einer Flötenpfeife; noch Andere, gewiß aber mit eben so unhaltbaren Gründen, vereinigen beide Ansichten mit einander. Die Umstände, welche unstreitig zur Verschiedenheit der Töne sehr viel beitragen, sind:

»1. das Emporheben und das Niedersenken des Kehlkopfes.« — Wer hätte wol noch nicht bemerkt, daß ein Baßsänger bei tiefen Tönen, um jenes Werkzeug mehr nach oben, nämlich näher an die andern Sprach-Organe, zu bringen, das Kinn senkt, und daß er es, wenn er hohe Töne erzeugen will, wieder in die Höhe zieht? —

»2. das verschiedene Oeffnen und Wiederverschließen der Mund- und der Nasenhöhle.« — Beides wirkt zwar nicht auf die Höhe und die Tiefe, desto mehr aber auf andere Eigenthümlichkeiten der Töne, für die ich euch keine Namen angeben kann. Erinnert euch hierbei nur an die Aussprache der Vokale, a, e, i, o, u, äu u. s. w.!

»3. die verschiedene Länge der Stimmhäutchen.« — Bei Kindern und Frauen sind diese Theile kurz, bei Männern hingegen sehr ansehnlich, ja wol noch ein Mal so lang, als bei jenen. Gerade dieser Umstand bedingt außerordentlich die Höhe und die Tiefe der Töne. »Befremdet es euch nun noch, daß Männer gewöhnlich eine Oktave tiefer sprechen, als Frauen und Kinder?«

»4. die Spannung der Stimmhäutchen.« — Je bedeutender sie ist; desto schmaler erscheint die Stimmritze, desto höher der Ton.

Durch Maschinen eine vollkommen artikulirte Sprache hervorzubringen, ist bis jetzt noch keinem Künstler gelungen; stets steckte, wo man so etwas vorgab, ein Betrug dahinter. —

§. 14.

Die Gehör-Werkzeuge des Menschen.

Die Schallstrahlen gelangen zunächst in die Ohrmuschel. Damit nun diese ihren Zweck, jene ganz so, wie ein Hörrohr, zu sammeln, um so vollkommener erreichte, stellte sie der Schöpfer (so sagen Mehrere) ursprünglich weit vom Kopfe ab, und versah sie noch außerdem mit Muskeln, durch die sie willkürlich bald nach dieser, bald nach jener Seite hin bewegt werden konnte; allein der Mensch bemühte sich von jeher fast ängstlich, sie recht eng an den Kopf zu drükken, und besonders jene Muskeln, welche wir so oft bei Pferden, Hunden und andern Säugethieren in Thätigkeit erblikken, völlig unbrauchbar zu machen. Von dem äußern Ohre gelangen die Schallstrahlen in den Gehörgang. Derselbe ist mit Haaren besetzt, und enthält ein bitteres Schmalz, das theils kleinen Thieren den Eingang ins Heiligthum des Ohres versperren,

theils die zarten Theile desselben in der nöthigen Weichheit und Biegsamkeit erhalten soll. So wenig es anzurathen ist, in dem bezeichneten Kanale vermittels eines Ohrlöffels oft umherzustochern, besonders zu tief nach dem Trommelfelle hin; so schädlich dürfte es werden, wenn wir das Schmalz sich allzu sehr anhäufen ließen. Letzterer Umstand bewirkt nicht selten eine gänzliche Verstopfung des Gehörganges. Wer sich, um zu schlafen, an einem solchen Orte, wo das Hineinkriechen gewisser Insekten zu befürchten steht, niederlegen will, verabsäume nicht, entweder in seine Ohren Baumwolle zu stopfen, oder um seinen Kopf ein Tuch zu binden. Jedes auch noch so kleine Thier erzeugt im Gehörgange seiner heftigen Bewegungen halben fast unerträgliche Beschwerden. Geht es, ohne das Ohr zu verletzen, nicht an, den bösen Eindringling durch künstliche Mittel wieder herauszubringen; so lasse man ihn in seinem Kerker sterben und auch ruhig verwesen. Das Ohr schafft ihn zuletzt von selbst stückweise fort. — Eine sehr feine Haut, das Trommelfell, trennt den äußern Gehörgang von der Trommelhöhle und ist durch einen besondern Muskel nach innen gespannt. Aus der Trommelhöhle geht eine Röhre nach der Nase hin, die sich in den Schlund öffnet und mit Rücksicht auf ihre Gestalt die Trompete, sonst wol auch die Eustachische Röhre genannt wird. Sie ist stets mit Luft angefüllt. Letztere erneuert sich, indem sie ab- und zuströmt, von Zeit zu Zeit. Dies ist jedenfalls von hoher Wichtigkeit; denn Personen, deren Eustachische Röhre eine Verstopfung erlitten hat, bei denen also ein Zuströmen frischer Luft nicht mehr stattfinden kann, sind taub. Die Trommelhöhle beherbergt vier zarte Knöchel: den Hammer, den Amboß, das linsenförmige Bein und den Steigbügel; sie bilden gemeinschaftlich eine ununterbrochene Kette und folgen in der angegebenen Ordnung auf einander. Der Hammer, zunächst dem Trommelfelle gelegen und auch mit ihm verwachsen; ferner der Steigbügel, mit einer feinen Haut, welche die Trommelhöhle von dem Labyrinthe scheidet, in Verbindung gesetzt, sind mit Muskeln begabt. Das Labyrinth besteht aus dem Vorhofe, einer länglichrunden, ziemlich großen Höhle; der Schnekke, bei der sich drittehalb knöcherne, spiralförmige Windungen nachweisen lassen, und drei halbkreis-runden Kanälen, deren jeder mit dem einen Ende in einen häutigen Sack und mit dem andern in den Vorhof mündet. In die Feuchtigkeit, mit der es angefüllt ist, taucht der hier nackte Gehörnerv, welcher sich in zwei haarbüschelige Hauptzweige spaltet, und jede Erschütterung, welche der Flüssigkeit mitgetheilt wird, empfindet. —

Ständen mir gute Modelle, oder noch besser, anatomische Präparate zu Gebote; so würde ich nicht unterlassen, sie, um euch über das Gehör-Organ eine klare Vorstellung zu verschaffen, hier vorzulegen und aus einander zu setzen. In Ermangelung jener Mittel betrachtet nur folgende Figuren! Fig. 126 zeigt euch die Beschaffenheit des Labyrinths im Allgemeinen; ferner *s* die Schnekke, *v* den Vorhof mit dem ovalen Fenster und den halbkeis-förmigen Kanälen und *n* den wunderbaren Gehörnerven. — In der 127. Fig. stellt *m* den Hammer, *o* den Amboß, *l* das linsenförmige Bein und *t* den Steigbügel dar; die 128. Fig. ferner veranschaulicht diese Knöchel in ihrer gegenseitigen Verbindung mit dem Trommelfelle *c*; die 129. Fig. endlich giebt euch nicht nur

von dem innern Ohre, sondern auch von dem Gehörgange *b* und der Ohrmuschel *a* ein treues Bild.

Fig. 126.



Fig. 127.

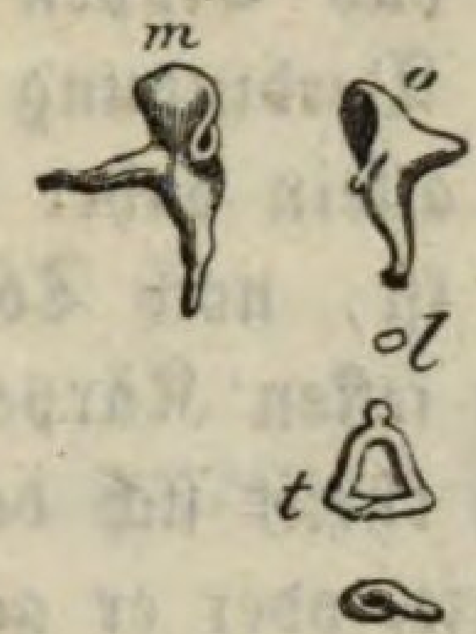
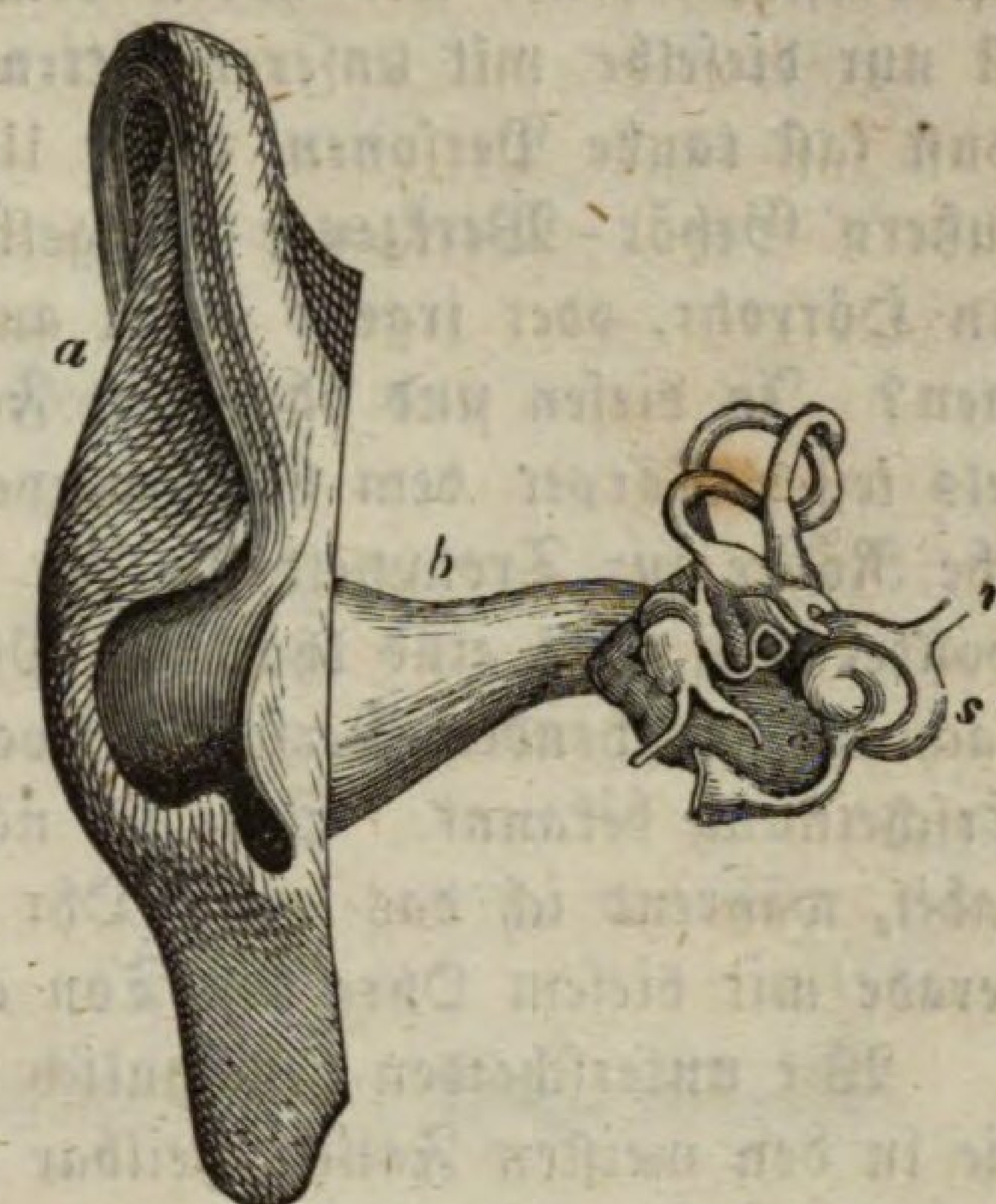


Fig. 128.



Fig. 129.



Welche Theile zum Hören unbedingt erforderlich sind, ist noch nicht genau erforscht. Einige meinen, die Gehörknöchelchen seien unentbehrlich, weil sie den Schall von dem Trommelfelle bis ins Labyrinth zu tragen haben: allein Dem ist nicht so; denn wir kennen Beispiele, daß Menschen, denen der Amboß und der Hammer fehlten, eben so gut, als andere, den Ton vernahmen. Nur der Steigbügel scheint umumgänglich nöthig zu sein. Fällt er ab; so zerreißt die Haut des eirunden Fensters, also diejenige Stelle des Vorhofes, welche durch ein feines Häutchen geschlossen ist, die wässerige Feuchtigkeit im Labyrinthe fließt aus, der Gehörnerv verliert sein Gefühl, und unheilbare Taubheit stellt sich bei dem Unglücklichen ein.

Der Weg, den der Schall im Ohre verfolgt, ist sehr zusammengesetzt. Hierin liegt zugleich die Ursache, warum wir nicht immer genau bestimmen können, auf welcher Seite der tönende Körper sich befindet. Nur diese Unsicherheit macht es dem Bauchredner möglich, die Täuschung hervorzubringen, als ob nicht er, sondern irgend eine fremde Person rede. Indem er nämlich, ohne den Mund zu öffnen und die Lippen zu bewegen, Worte hervorbringt, entbehren wir des gewöhnlichen Mittels, uns zu überzeugen, daß er selbst die sprechende Person ist. Noch aber hat die Täuschung ihren höchsten Grad nicht erreicht; dieser tritt erst dann ein, wenn er wechselsweise auf gewöhnliche Weise fragt und mit einem dumpfen, wie aus der Ferne schallenden Tone antwortet. — Uebrigens ist auch seine Kunst eine Wirkung völlig natürlicher Ursachen. — Zeigten die Schallstrahlen kein Bestreben, ihre ursprüngliche Richtung stets wieder einzunehmen, und empfänden wir ferner in demjenigen Ohre, auf dessen Seite die Erschütterung erfolgt ist, den Schall nur eben so stark, als in dem andern; so dürften wir über den Ort des tönenden Körpers wol noch öfter, als bisher, in Ungewißheit sein.

Es ist nicht nöthig, daß der Schall vermittels des äußern Gehörganges

zu der Trommelhöhle und den beiden Fenstern gelangt; er kann vielmehr seinen Weg bis zum Gehörnerven hin, wovon wir uns mannigfach überzeugen können, noch auf eine andere Weise nehmen. So mögen z. B. beide Ohren immerhin fest verstopft sein; wir hören dennoch das Tippen einer Taschenuhr deutlich, ist nur dieselbe mit unserer Stirn in Verbindung gesetzt. Wie könnten auch sonst fast taube Personen, deren Uebel allein daher rührt, daß der Bau ihrer äußern Gehör-Werkzeuge mangelhaft ist, noch Töne wahrnehmen, wenn sie ein Hörrohr, oder irgend einen andern festen Körper zwischen die Zähne nehmen? In diesen und ähnlichen Fällen theilt sich der Schall entweder vermittels fester Körper dem Gehörnerven mit, oder er gelangt durch die Eustachische Röhre zur Trommelhöhle hin. Jemand, der seine Taubheit gern verbergen wollte, trug stets eine thönerne Pfeife im Munde und richtete sie jedes Mal nach der sprechenden Person. Noch mache ich euch mit einer sehr auffallenden Erscheinung bekannt. Setze ich nämlich den Stiel einer schwingenden Stimmgabel, während ich das eine Ohr fest zuhalte, auf meinen Kopf; so höre ich gerade mit diesem Ohre den Ton am stärksten.

Wir unterscheiden gewöhnlich eine doppelte Art Taubheit: 1. eine solche, die in den meisten Fällen heilbar ist, und bei der die Ursache allein in den äußern Gehör-Werkzeugen liegt; und 2. eine andere, bei der wir auf die Heilung, weil der Gehörnerv irgend eine Beschädigung erlitten hat, nicht mehr hoffen dürfen. —

Sechster Abschnitt.

Die Wärme.

---

§. 1.

Einige Andeutungen über die Wärme im Allgemeinen.

Die Wärme spielt in der Natur eine große Rolle und hat besonders auf uns Menschen einen unermeßlichen Einfluß. Ohne sie können wir nicht eine Minute bestehen, ohne einen gewissen Grad derselben keinen Augenblick in Frohsinn und Heiterkeit verleben. Sie ist ferner die Herrin unseres Vergnügens und Ungemachs, unsere Krankheit und unser Arzt. Wer anders, als sie, streckt uns gewöhnlich auf das Siechbett, und gewährt uns nachmals, falls es so im Rathe des Ewigen beschlossen ist, die Freude, wieder von demselben aufzustehen? Im heißen Sommer erliegen wir ihrem Uebermaß; im kalten Winter macht uns ihr Mangel erstarren. Nimmt sie überhand um uns her, so erglühen wir in Fieberhitze; verliert sie sich plötzlich in einem zu bedeutenden Grade, so werden wir nicht selten von Rheumatismus und einem Heere anderer Uebel geplagt. Ja, so gewaltig ist die Kraft, mit der sie uns, ihre Sklaven, beherrscht.

Allein wir haben sie auch vielfach unserm Willen zu unterwerfen und zur Befriedigung unserer Bedürfnisse zu benutzen gelernt. Je nachdem wir uns in den Polargegenden, oder unter der tropischen Sonne befinden, gebieten wir ihr gleichsam, vermittels solcher Kleider, die aus schlechten Leitern bereitet sind, entweder in unserm Körper zu verharren, oder von demselben fern zu bleiben. Und befehlen wir ihr nicht auch, den Stuben, die wir bewohnen, eine angenehme Luft, und den Speisen, welche wir genießen wollen, Weichheit und Wohlgeschmack zu verleihen? Verstehen wir es doch sogar, sie, während wir schlafen, indem wir Stuben und Betten auf eine eigene Weise einrichten, in einem genügenden Grade festzuhalten. Wann die Sonne scheidet und der Himmel sich in Dunkel hüllt; wer giebt uns Licht? Die Wärme strömt es durch die Luft; die brennende Kerze, die flakkernde Lampe verbreiten einen künstlichen Tag, und geben dadurch die Stunden, welche wir sonst unthätig zubringen müßten, der Arbeit und dem Vergnügen zurück. Ungleich mehr jedoch setzt uns Das in Erstaunen, wie sie uns die neueste Zeit zu benutzen gelernt hat. Nicht gesonnen, mich nun schon in eine weitläuftige Erörterung hierüber einzulassen, bemerke ich nur, daß es besonders die Wasserdämpfe sind, welche gegenwärtig von den Menschen

so vielfach benutzt werden. Wie oft hören wir nicht allein die Vortheile des Kochens vermittels solcher Dämpfe rühmen! Daß sie sich ferner auch dazu eignen, den Zimmern eine wohlthuende Temperatur zu verleihen, bestätigen Alle, welche sie zu dem bezeichneten Zwecke in Röhren, nnd dann diese durch die bewohnten Räume geleitet haben. Auch bei dem Erwärmen anderer Gegenstände leisten sie uns vorzügliche Dienste. Sie geben endlich dem Schiffe Flügel und besiegen den Widerstand der Luft und der Strömung; sie treiben zu Lande unser Fuhrwerk und lassen den fliegenden Vogel und den brausenden Wind weit hinter sich zurück. Oder ist vielleicht die Wirksamkeit der Dampfmaschinen eine andere? Die Gewalt, welche diese Wunderdinge offenbaren; die Unabhängigkeit derselben von örtlichen Umständen; der kleine Raum, den sie selbst bei einer großen Wirksamkeit nur fordern; besonders aber die Fähigkeit, sich, ohne daß ihnen die geringste fremde Hülfe geleistet wird, von einem Orte zum andern zu bewegen: ja, Dies ist es, was den Dampfschiffen und den Dampfwagen eine so hohe Stelle einräumt und gegen sie alle übrigen Maschinen in den Hintergrund drängt.

Die Frage: was ist denn eigentlich die Wärme? kann erst am Ende des ganzen Abschnittes beantwortet werden. —

§. 2.
Die Erregungsmittel der Wärme.

Indem ich einen Stahl der Art, wie er wol noch in mehrern Küchen anzutreffen ist, an einem Kieselsteine wiederholt herunterschlage, bilden sich kleine Funken, die nicht nur leuchten, sondern auch die Stoffe im Feuerzeuge schnell entzünden. Aehnliches erfährt jeder Schmidt in seiner Werkstatt. Ist auch der Eisenstab, den er bearbeiten will, anfangs ganz kalt; so verleiht er ihm doch sehr bald, läßt er anders auf ihn den schweren Hammer wakker fallen, eine bedeutende Hitze. Letztere zeigt sich uns vorzugsweise in dem Glühen des in Rede stehenden Metalles. Damit ihr weiter erfahrt, wie es sich mit jenen Funken verhält, lasse ich sie auf einen Bogen weißes Papier fallen. Zwar bieten sie auch jetzt, weil sie gar zu geringfügig sind, dem bloßen Auge nichts Merkwürdiges dar allein dem bewaffneten geben sie um so mehr Gelegenheit, ihre verschiedenen Gestalten zu bewundern. So betrachtet sie denn durch mein Vergrößerungsglas! Sind nicht einige hakig? andere, wie die Schrotkörner, kugelig? noch andere, gleich gewissen Pflanzenblättern, ausgezackt? und legen sie denn nicht alle, indem sie mit den Schlakken, dem im Feuer geschmolzenen Gestein, dieselben Merkmale besitzen, Zeugniß davon ab, daß sie entweder wirklich zerflossene, oder wenigstens geglühte Stahltheilchen sind? — Wer es bezweifeln sollte, daß von dem Stahle etwas abgeschlagen wird, beachte nur die Höhlung, welche bei demselben allmälig immer größer wird.

Ich führe nun ein Streichhölzchen, dessen Zündstoff, wie bekannt, aus Phosphor, Gummi und Salpeter besteht, zuerst auf einer glatten Fläche, etwa auf einem polirten Brette, und dann auf einem Ziegelsteine, dessen Unebenheiten leicht gesehen und gefühlt werden können, schnell dahin. Nur im letztern Falle entzündet es sich; nicht also auch im erstern, bei dem es an dem nöthigen Widerstande gebricht. —

Ich ziehe endlich aus dieser gläsernen Röhre, welche sehr dikke Wände besitzt, den luftdicht anschließenden Kolben, und stoße ihn, nachdem ich das Häkchen in der Mitte seiner Vorderfläche mit einem Stücklein guten Schwammes beschenkt habe, so kraftvoll zurück, als beabsichtigte ich, den Boden meines Apparates zu zertrümmern. Sofort fängt der Schwamm zu glimmen an. Wovon anders aber könnte Dies eine Wirkung sein, als von der bedeutenden Erwärmung der eingeschlossenen, unter dem Kolben befindlichen Luft? —

Zufolge der bezeichneten Erscheinungen besteht also das erste Erregungsmittel der Wärme in der Reibung oder in einer plötzlichen Zusammenpressung der Körper. Da hierdurch der freie Wärmestoff bei einer jeden Masse in einen engern Raum gebracht wird; so ist es gewiß nicht auffallend, daß sich die Temperatur erhöht, wann jenes Mittel in Anwendung kommt. Wir belegen es wol auch mit dem Namen Verringerung des Volumens der Körper. Uebrigens scheint der Wärmeerregung durch Reiben noch eine andere Ursache, als die Verdichtung, zum Grunde zu liegen; denn es wächst die Wärmemenge, wie die Erfahrung lehrt, mit der Dauer des Reibens, und doch können wir kaum glauben, daß mit ihr auch die Dichtigkeit der Körper fortwährend zunehmen sollte.

Daß sich Seile, die über eine Rolle schnell hinweglaufen, und zuweilen auch Wagen- oder Maschinenräder, welche in geschwinder, lange anhaltender Bewegung sind, bis zur Entzündung erhitzen; daß wir Bohrer, namentlich solche, welche wir bei Bearbeitung der Metalle benutzt haben, ihrer bedeutenden Hitze wegen nicht sogleich zu berühren wagen; daß sich die Wilden Feuer verschaffen, wenn sie 2 recht trokkene, verschieden harte Stück Holz an einander reiben (sie bohren dabei in das größere, minder harte ein Loch und stekken in dasselbe das kleinere, mehr harte); daß es den Drechslern möglich ist, vermittels eines Stäbchens ungemein harten Holzes ein Stück anderes Holz mit verkohlten, schwarzen Ringen zu versehen; daß sich Leute, welche an strengen Wintertagen im Freien thätig sein müssen, dadurch zu erwärmen suchen, daß sie ihre Arme kreuzweis' über einander werfen und mit der rechten Hand die linke, mit der linken die rechte Schulter schlagen; daß wir uns die Hände verbrennen, wenn wir sie an einem Seile geschwind hinabfahren lassen; daß Eisstükke selbst von 2 Graden Kälte, stark an einander gerieben, so viel Wärme entwikkeln, als zu ihrer Verwandlung in Wasser erfordert wird: über alle diese Erscheinungen, denen ihr leicht noch eine Menge anderer beigesellen könnt, ertheilt uns das erste Erregungsmittel der Wärme den nöthigen Aufschluß. Wer es kennt, wird gewiß nicht verabsäumen, Wagen- und Maschinenräder, Mühl- und Glokkenpfannen u. s. w. mit Theer, Talg oder andern Dingen wiederholt zu bestreichen; ferner Feile, Bohrer u. dgl., besonders wenn sie bei Metallen gebraucht worden sind, sogleich nach ihrer Anwendung in Wasser zu werfen; endlich den Mühlsteinen, wenn sie kein Getreide mehr zu zerreiben haben, neue Arbeit zu geben u. s. w., u. s. w.

Das zweite Erregungsmittel der Wärme (wir könnten es wol auch mit dem Namen Wärmequelle belegen) ist die Sonne. Da sich nun aber die Strahlen derselben nicht unter allen Umständen gleich kräftig erweisen; so haben wir auch darüber Kenntniß zu erlangen, was die Wirkung des bezeichneten, majestätischen Himmelskörpers verringert oder erhöht.

Halte ich meine Hand so gegen die Sonne, daß deren Strahlen sie ganz schräg treffen; so nehme ich fast gar keine Wärme wahr: gebe ich ihr aber diejenige Lage, bei welcher dieselben auf sie rechtwinklig fallen; so erreicht die Hitze einen fast unerträglichen Grad. Mit welchem andern Körper ich meinen Versuch auch anstellen möge; das Ergebniß verändert sich nicht, überzeugt mich vielmehr immer aufs neue von der Richtigkeit des Allgemeinsatzes:

»je senkrechter die Sonnenstrahlen einen Körper treffen, desto mehr, je schräger, desto weniger Wärme erregen sie.«

Daß der Schnee auf solchen Dächern und Berglehnen, welche der Mittagsseite zugekehrt sind, eher schmilzt, als auf dem ebenen Felde; daß im Sommer Sand und Steine, falls sie anders dieselbe günstige Lage haben, gewöhnlich so heiß werden, daß wir uns an ihnen fast die Hände verbrennen; daß die tropische Sonne nicht minder gewaltig, als die Polarsonne unbedeutend wirkt; daß es zu allen Jahreszeiten am Mittage wärmer ist, als gegen Morgen oder Abend u. s. w.: zu allen diesen Erscheinungen finden wir die Ursache in dem ersten Erfahrungssatze über die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen.

So lange ich auch der Sonne dieses Stücklein Schwamm auf gewöhnliche Weise entgegenhalten möge; es will sich doch nimmer bedeutend erhitzen: bringe ich aber zwischen beide Gegenstände ein solches Glas (wir nennen es ein Brennglas), so fängt es fast augenblicklich zu glimmen an. Ueber die Frage: »wie geht Das zu?«, giebt erst die Lehre von dem Lichte eine recht genügende Antwort; jetzt merken wir uns vorläufig nur Folgendes: — Halten wir ein Glas der Art, wie das meinige, so gegen die Sonne, daß deren Strahlen auf dasselbe möglichst senkrecht fallen; so erzeugen diese nach ihrem Durchgange in dem Punkte, der sie alle wieder vereinigt, nicht nur ein blendendes Licht, sondern auch eine überraschende Hitze. Besäße ich Brenngläser, wie Tschirnhausen, ein in der letzten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts lebender Graf (seine Brenngläser hatten 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser); so würde auch ich grünes, ja sogar im Wasser durchweichtes Holz entzünden, jedes auf eine ausgehöhlte Kohle gelegte Metall schmelzen, Ziegel, Bimstein und ihnen ähnliche Körper, so unglaublich es auch erscheinen möge, glühend machen können u. s. w. Noch größer sind die Wirkungen der Spiegel. Die Hitze, welche vermittels solcher Instrumente hervorgerufen wird, zerstört selbst den Diamant, den härtesten aller Edelsteine. Da bei Brenngläsern und Brennspiegeln mit der Anzahl der Sonnenstrahlen, welche auf sie fallen und nach ihrem Durchgange wieder in einerlei Punkte zusammentreffen, auch die Hitze wächst; so folgern wir hieraus den Allgemeinsatz:

»je concentrirter, d. h. vereinigter, die Sonnenstrahlen auf einen Körper fallen, desto mehr Wärme erregen sie.«

Nachdem ich diese beiden Gefäße, von denen das eine mit weißen, das andere aber mit schwarzen innern Wänden versehen worden ist, mit Glasplatten bedeckt habe, setze ich sie eine Zeitlang den Sonnenstrahlen aus und prüfe dann die Temperatur der verschlossen gewesenen Räume. Und sehet! ich finde die schwarzen Wände sehr heiß, die weißen hingegen so kühl, als ob auf diese das mächtige Tagesgestirn gar keinen Einfluß geübt hätte. — Nun überlasse ich die

beiden Metallplatten, deren eine rauh, deren andere aber polirt ist, gleichmäßig den wärmeerregenden Sonnenstrahlen, und auch sie zeigen nach etwa einer Stunde eine überaus verschiedene Temperatur: es hat nämlich die polirte Platte fast gar keinen, die rauhe hingegen einen eben so bedeutenden Wärmezuwachs erhalten, als vorhin das mit schwarzen innern Wänden begabte Gefäß. — Endlich gehe ich ins Freie, und breite dort auf einer gleich hohen Schneelage eine Menge Tuchfleckchen aus, die von der weißen bis zur schwarzen Farbe hin einen allmäligen Uebergang bilden. Bei ihnen bemerken wir später hauptsächlich Dies, daß des Schnee-es unter jedem der Fleckchen desto weniger geworden ist, je mehr die Farbe desselben dem Schwarzen sich nähert. Nur das ganz weiße Tuchfleckchen liegt noch fast eben so hoch, als anfangs, vor uns da. So wissen wir denn, wovon die Wirkung der Sonnenstrahlen drittens abhängt, und fassen die nun gewonnene Kenntniß etwa in folgende Worte zusammen:

»Hellfarbige und polirte Gegenstände werden stets, weil sie die Sonnenstrahlen zurückwerfen, viel weniger, als dunkelfarbige und nichtpolirte, die, umgekehrt, sie gern in sich aufnehmen, erhitzt.«

Daß eine schwarze Wand, welche den Sonnenstrahlen stark ausgesetzt ist, fast unerträglich heiß wird; daß der Schnee neben grauen oder schwärzlichen Pfählen und Baumstämmen früher verschwindet, als an andern, selbst diesen sehr nahe gelegenen Stellen; daß sich Leute, deren Vermögensumstände es ihnen erlauben, im Sommer gern weiß, im Winter gern schwarz kleiden; daß Speisen und Getränke desto länger warm bleiben, je besser die Außenfläche ihrer Gefäße polirt ist; daß Oefen, die eine rauhe, geschwärzte Oberfläche besitzen, den Zimmern ihre Wärme schnell und vollständig mittheilen; daß uns ein Schirm, vor sie hingestellt, gerade dann am besten vor ihrer Wärme schützt, wenn sie mit einem metallischen Ueberzuge versehen sind: auch zu diesen und noch viel andern Erscheinungen, die hier unmöglich alle aufgezählt werden können, habt ihr in dem zuletzt ausgesprochenen Erfahrungsgesetze über die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen den Schlüssel erhalten.

Schließlich merket euch über die Sonne, diese so vorzügliche Wärmequelle, noch Folgendes:

1. Frühere Gelehrte behaupteten: »die Sonne ist ein Feuer, das nicht aufhört, uns und andere Geschöpfe mit der nöthigen Wärme zu erfreuen.« — Ihre Ansicht ist schwerlich richtig; allein wir wissen eben so wenig, als sie, wie es mit ihr steht, ob sie beispielsweise ein großer, glühender Körper sei, oder nicht. Die Wärmeerregung vermittels der Sonnenstrahlen läßt sich kaum besser begreiflich machen, als daß wir annehmen, das Sonnenlicht verstärke die Kraft des Wärmestoffes, der in den Körpern liegt, und erhöhe so deren Temperatur.

2. »Die Wärmeerregung durch die Sonnenstrahlen hängt nicht allein von den bis jetzt erörterten Umständen, sondern offenbar auch von der Dauer ihres Einflusses ab.« — Jeder Tag, jede Jahreszeit liefert uns hierzu den Beweis. »Oder fällt etwa die größte Wärme mit dem Glokkenschlage 12 Uhr, oder mit dem Monate, da die Sonne ihren höchsten Stand erreicht hat, zusammen?« Gewöhnlich ist es um

2 Uhr wärmer, als gegen 12 Uhr, in der zweiten Hälfte des Juli und der ersten des August heißer, als vom 15. Juni bis zum 15. Juli hin. Ueber so manche andere, gleichfalls hierher gehörige Erscheinung sind wir, leider! noch immer nicht genügend aufgehellt.

3. »Die Wärme der Luft hat ihren Grund darin, daß sie einen Theil der Sonnenstrahlen verschluckt, daß wieder ein anderer Theil derselben von der Erde in sie zurückgeworfen wird, und daß auch die Erde selbst, die wir gleichfalls für eine große Wärmequelle ansehen müssen, eine gewisse Menge der ihr eigenthümlichen Wärme an sie abgiebt.« — Schon mit Rücksicht auf diese letztere Ursache nimmt die Temperatur der Luft nach oben hin ab. Die Worte: »wäre die Sonne eine glühende Kugel; so müßte sie ja um so heißer sein, je näher sie den Körpern stände,« sagen deshalb nicht besonders viel. Ein Gesetz über die Wärmeabnahme in der Luft kennen wir nicht und dürfte wol auch schwerlich entdeckt werden. —

Hier gieße ich auf ein Stück lebendigen Kalkes, also von derselben Beschaffenheit, wie ihn der Landmann auf seinen Acker fährt, etwas Wasser, und sehe ihn in Kurzem so heiß werden, daß ich es nicht mehr wage, ihn in meine Hand zu nehmen. Ganz so erscheint unter ähnlichen Umständen der Baryt, ein zum Schwerspathe gehöriges Gestein. Ich tröpfele ferner, aber mit großer Vorsicht, etwas Vitriolöl in Wasser; und es steigt die Hitze in einem solchen Grade, daß ich mich vor dem Zerspringen des Glases sicher zu stellen habe. Schwefel- und Salpetersäure liefern, mit einander vermischt, ein noch überraschenderes Resultat. Heu oder Grummet, naß und fest auf einander gepackt; feuchtes Getreide in Magazinen und auf Schüttböden, namentlich wenn es diesen Räumen an Luftzügen gebricht und die Haufen nicht von Zeit zu Zeit umgestochen werden; Tauben-, zuweilen wol auch anderer Mist, den wir mit dürrem Stroh oder Grase zusammenbringen; Kaffee und seine meisten Stellvertreter, besonders geröstete Cichorien, die warm verpackt werden; Hanf, Flachs, Wolle, graue Leinwand und ihnen ähnliche Dinge, auf die wir absichtlich oder zufällig Oel, Fett u. dgl. gegossen haben; angefeuchtete Säge- oder Eisenfeilspäne u. s. w.: sie alle erhöhen ihre Temperatur allmälig immer mehr, und brechen wol, bevor wir es uns versehen, in Flammen aus. Der Allgemeinsatz, welcher uns in diesen Erscheinungen entgegentritt, lautet:

»nicht nur bei den meisten chemischen, sondern auch bei vielen mechanischen Verbindungen wird Wärme erzeugt.«

Wer nie an einem Brandunglück schuld werden will, mache sich 1. mit allen Körpern, die sich leicht selbst entzünden, so vollständig, als möglich, bekannt; sei 2. mit Rücksicht auf sie vorsichtig, und überlege 3. stets, was er im Einzelnen bei diesem oder jenem Dinge zu thun oder zu lassen habe. Hierher gehört auch der höchst nachtheilige Einfluß von dem übermäßigen Genusse spirituöser Getränke auf die Gesundheit, ja selbst auf das Leben der Menschen. Möchte sich doch Jeder vor ihm, wie vor einer schrecklichen Pest, in Acht nehmen!

Die Wärme der Erde nimmt mit der Tiefe zu, und zwar, wie die Gelehrten vermuthen, nach einem bestimmten, ihnen bis jetzt aber noch unbekannten

Gesetze. So meinen denn Viele, daß sich die centralen Theile der Erde in einem glühenden, oder geschmolzenen Zustande befänden, und daß sich die Wärme von dort bis zur Oberfläche, ja selbst bis in die Luft hinaus erstrekke. Als Beweise führen sie hauptsächlich an: 1. die höhere Temperatur der meisten Mineralquellen und aller artesischen Brunnen; 2. das Schmilzen des Eises unter den Gletschern, nämlich von da an, wo es den Boden berührt, bis zu einer Höhe von 6000 Fuß (der gefrorne Boden in Sibirien ist, weil dort die mittlere Temperatur unter Null geht, kein Gegenbeweis); endlich 3. die unbestreitbare Thatsache, daß sich wirklich die Temperatur des festen Bodens immer mehr erhöht, je tiefer wir in ihn zu dringen suchen. Erst in einer Tiefe von ungefähr 100 Fuß ist die Erdwärme überall constant, d. h. beharrlich oder unveränderlich. Aus dieser Beobachtung entspringt nun weiter, daß der Einfluß, den das Regenwasser, die kalte Luft, das ungleiche Leitungsvermögen der Gebirgsarten u. s. w. auf die Temperatur der Erde ausüben, eine geringe Bedeutung hat.

Die Erdbeben und feuerspeienden Berge, diese fürchterlichsten aller Wirkungen der Natur, beruhen viel weniger auf der Selbstentzündung verschiedener unterirdischer Massen, als auf der innern Erdwärme im Allgemeinen und der fast wunderbaren Expansiv- oder Spannkraft der Wasserdämpfe. Wer sich von dem Allen eine Vorstellung, wenngleich nur eine geringe, verschaffen will, mische einige Pfund Eisenfeile mit eben so viel pulverisirtem Schwefel, feuchte die dadurch erhaltene Masse reichlich mit Wasser an, knete sie zu einem ordentlichen Teige, vergrabe sie ungefähr *einen* Fuß tief und stampfe über ihr die Erde möglichst fest zusammen; und schon nach wenigen Tagen wird er wahrnehmen, daß die Erddekke zu beben beginnt, daß aus ihr Rauch hervordringt, ja daß sich zuletzt selbst die Feuerflammen des künstlichen Vulkans zeigen. — Wenn neue Inseln aus dem Meere emporsteigen, ganze Länder in eine schwingende Bewegung gerathen u. s. w.; wovon anders könnte wol Dies eine Wirkung sein, als von der ungeheuern Kraft der Wasserdämpfe? Bei dem Erdbeben, das am 26. März 1812 unter andern die Stadt Caraccas in Südamerika verwüstete, erschütterten die Stöße das Land in einem Umfange von 300 Meilen, verwandelten sich 30 Städte, zahllose Pflanzungen und blühende Gefilde in Schutthaufen und fanden über 80,000 Menschen ihren Tod.

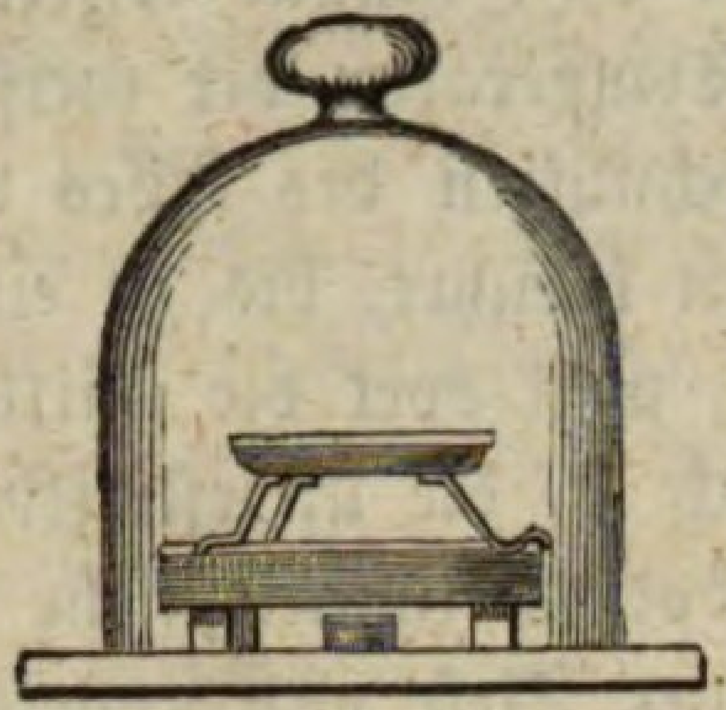
An die Mittel, welche eine Zunahme der Wärme bewirken, schließe ich einige andere, welche, weil sie eine Abnahme derselben veranlassen, *Erregungsmittel der Kälte* genannt werden.

Ich bringe dieses Instrument (es ist ein Thermometer) zuerst an einen schattigen, dann aber an einen sonnenreichen Ort, und beobachte genau, wie hoch jedes Mal die Flüssigkeit in der Röhre steht. Nun senke ich die Kugel in einen mit Wasser gesättigten Saugschwamm und wiederhole das bezeichnete Geschäft. Anstatt das Quecksilber, wie vorhin, steigen zu sehen, gewahre ich, daß es desto mehr sinkt, je kräftiger die Sonnenstrahlen auf dasselbe einwirken. Die Ursache dieser letztern Erscheinung liegt allein in der Verdunstung des Wassers. Hätte ich den Schwamm in Aether oder Weingeist, die wahrscheinlich unter allen Flüssigkeiten am schnellsten verdunsten, getaucht; so würde eine noch größere Wärmeveränderung eingetreten sein.

Das breite Gefäß, welches ich unter den Recipienten meiner Verdünnungspumpe bringe, ist aus Glas bereitet, mit Schwefelsäure angefüllt und

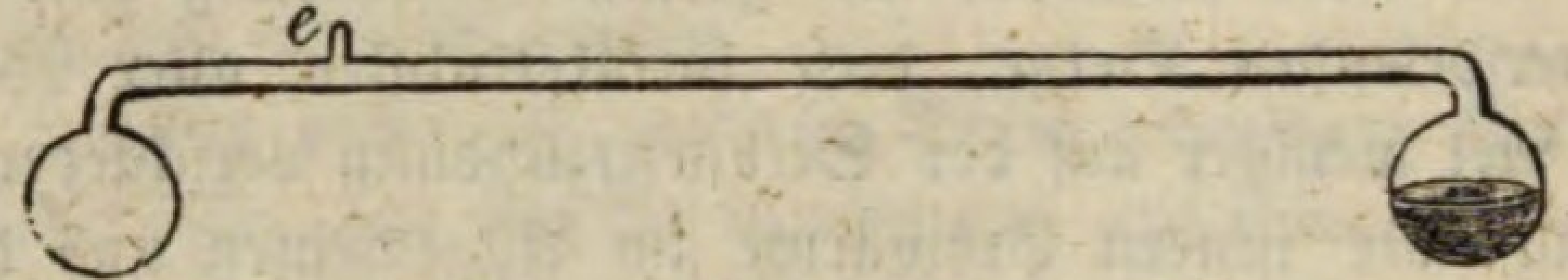
einige Zoll über ihm (beachtet zugleich Fig. 130!) mit einer flachen, ganz dünnen, gewöhnlich an 3 Fäden aufgehängten, seltener, wie hier, auf 3 feinen Füßen stehenden Metallschälchen versehen. Letzteres beschenke ich nun mit Wasser. Wie ich dann anfange, die Luft unter der Glokke fortzuschaffen, geräth das Wasser zwar anfangs ins Kochen; allein schon nach wenigen Minuten bildet es Eisnadeln und verwandelt sich zuletzt ganz in eine feste Masse. Die Schwefelsäure verschluckt nämlich den Wasserdampf und führt dadurch eine sehr schnelle Verdunstung herbei. In ähnlicher Weise verhält es sich mit folgender Erscheinung:

Fig. 130.



Nachdem ich mir einen Apparat, wie den hier abgebildeten (Fig. 131), verschafft habe, fülle ich in jede der beiden Glaskugeln, die durch eine Röhre mit einander verbunden sind, etwas Wasser, und treibe aus dem Instrumente, indem ich jene Flüssigkeit in den kochenden Zustand versetze, die Luft fort. Dann schmelze ich vermittels eines Löthrohres die Oeffnung bei e zu. Zuletzt beschenke ich die eine Kugel, wobei ich den Apparat in eine geneigte Lage bringe, mit sämmtlichem Wasser, und umgebe die andere mit einer Kältemischung, beispielsweise mit fein geschabtem Eise und Salmiak. Die Verdunstung geht auch hier so schnell von Statten, daß wir gar nicht lange warten dürfen, das Wasser in eine feste Masse sich verwandeln zu sehen. — Diejenige Kälte, welche wir bald an der Oberfläche feuchter Körper, bald auch auf unserer Hand, wenn wir auf sie wenige Tropfen einer flüchtigen Flüssigkeit fallen lassen, wahrnehmen, beruht auf derselben Ursache.

Fig. 131.



Wol keine andere chemische Verbindung ruft so hohe Wärmegrade hervor, als diejenige, welche wir mit dem Namen **Verbrennung** belegen; es sei daher von ihr in den nachfolgenden 6 Punkten noch besonders die Rede.

»1. **Die Verbrennung ist eine schnelle Verbindung irgend eines Körpers, beispielsweise der Kohle, des Torfes, Holzes u. s. w., mit Sauerstoff, und stets findet bei ihr eine sehr lebhafte Licht- und Wärmeentwikkelung Statt.**« — Mit Rücksicht darauf, daß sich bei den meisten Vorgängen der beschriebenen Art der Sauerstoff der Luft mit dem brennenden Körper vermischt, stellen Viele die Erscheinung so hin, als ob nur der *eine* Körper brenne, der andere aber die Flamme unterhalte. Das Irrthümliche dieser Ansicht möge euch an 2 Beispielen klar werden: Schwefel, in Luft entzündet, erscheint gewiß Jedem als brennender Körper; hingegen Schwefelgas (die Veränderung des Aggregat-Zustandes kann dabei nicht in Betracht kommen), in das ich zu gleichem Zwekke stark erhitztes Kupfer gebracht habe, als eine das Feuer nur nährende elastische Flüssigkeit. — Noch treffender ist folgendes Beispiel. — Denket euch, ich ließe vermittels einer feinen Röhre eine Menge Lebensluft in Wasserstoffgas überströmen! »würdet ihr etwa dann nicht sagen, es brenne jene Flüssigkeit in diesem Gase?« So haben wir denn bei einer chemischen Verbindung obiger Art jeden Körper als brennend anzusehen.

»2. Die Resultate der Verbrennung sind in den meisten Fällen gasförmige Körper.« — Setze ich dem Feuer etwa ein Stück Holz aus; so bildet sich Kohlensäure, die gasförmig ist, und Wasserdampf, der eben so, wie jene, entweicht. Bei einer angezündeten Kerze ferner geht die Verwandlung des Wachses in den gasförmigen Zustand im Dochte vor sich; die kleinen Bläschen nämlich, welche in diesem Körper ununterbrochen nach oben hin steigen, enthalten das brennende Gas. Nur solche Dinge, welche sich schon vor ihrer Verbrennung in Gas umbilden, z. B. Holz, Torf, Oel, Talg u. s. w., brennen mit Flamme. Letztere ist stets ein brennendes Gas. Der Rauch endlich, welcher bekanntlich nie fehlt, entsteht dadurch, daß eine Menge Körpertheilchen, während die übrigen flammen, den hohen Grad der Hitze nicht erlangen, deren sie zu ihrer Verbrennung bedürfen, und deshalb, wie wir uns hierüber gewöhnlich auszudrükken pflegen, verflüchtigt werden.

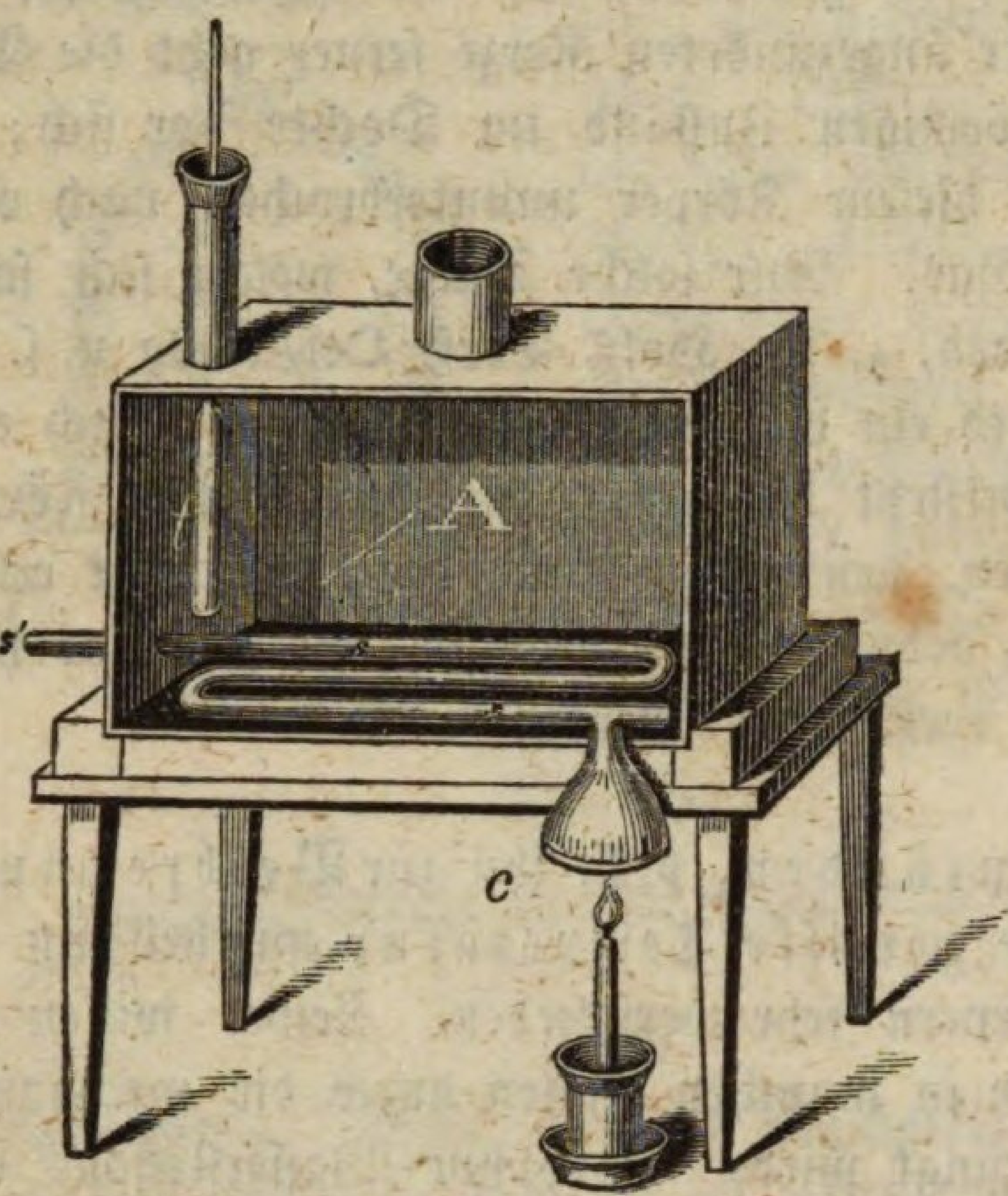
»3. Um einen Körper anzuzünden, d. h. ihn zur Verbrennung zu führen, müssen wir ihm eine gewisse Temperatur mittheilen.« — Letztere ist bei den verschiedenen Körpern sehr verschieden. Leider wissen wir über sie nur mit Bestimmtheit, daß sie in manchen Fällen durch die mechanische Zertheilung der brennbaren Körper bedingt wird. Phosphor-Wasserstoffgas entzündet sich schon, sobald es mit der Luft in Berührung kommt; Phosphor ungefähr bei 37, eine Wachskerze aber erst bei 300 Graden nach der hunderttheiligen Skala. Wie die Erfahrung lehrt, kann ein Körper, z. B. eine Kohle, auf kaltes Eisen gelegt, oder ein Licht, dessen umgebende Luft zu viel Stickstoff enthält, auch wieder so schnell abgekühlt werden, daß er zu brennen aufhört. Offenbar reicht in dem letztern Falle die entwikkelte Wärme nicht hin, die Temperatur des Stick- und des mit ihm vermischten Sauerstoffes bis auf 300 Grade zu erhöhen.

»4. Die Verbrennung erfolgt desto schneller, je reicher der Sauerstoff den verbrennenden Körper umgiebt.« — Auf diesen sehr wichtigen Umstand habe ich bereits bei der Lebensluft eure Blikke gelenkt; ich erörtere euch deshalb nicht noch ein Mal, wie sie einerseits durch den Wind befördert wird, und wie andererseits erhitzte Gebläseluft wirkt. Nur auf einen schönen Versuch mache ich euch noch aufmerksam. Schwinget nur gelegentlich einen glühenden, mehrere Zoll langen Eisenstab an einem Drathe schnell herum! und ihr werdet euch genügend überzeugen, daß eine rasch herbeiströmende Luftmenge auf das Verbrennen einen sehr erheblichen Einfluß ausübt.

»5. Wer bestimmen will, welche Wärmemenge durch die Verbrennung entsteht, ermittele mit Sorgfalt, um wieviel Grade die Temperatur einer bestimmten Quantität Wasser während derselben erhöht wird.« — Bei diesem Geschäfte leistet Rumford's Calorimeter sehr ersprießliche Dienste. *A* (Fig. 132 a. f. S.) bezeichnet ein kupfernes Gefäß, das mit Wasser von der Temperatur 0 Grad angefüllt ist; *ss'* eine Röhre, deren eines Ende am Boden des Gefäßes in Form eines Trichters, *c*, hervortritt, und deren anderes, *s'*, nachdem sie aber vorher mehrere horizontale Biegungen erlitten hat, durch die Wand

jenes Haupttheils ins Freie geht; *tt* endlich ein Thermometer, dessen Gefäß mit der Tiefe des Calorimeters fast gleiche Länge besitzt. — Gesetzt nun, es brenne irgend ein Körper unter dem Trichter *c*; dann zeigt offenbar das Thermometer an, wie es mit der Temperatur des Wassers im Gefäße steht, oder welche Wärmemenge durch die Verbrennung des Körpers bei *c* entwikkelt wird. Zufolge derjenigen Versuche, welche Mehrere mit dem beschriebenen Apparate angestellt haben, können wir mit einem Pfunde nachstehend verzeichneter Brennstoffe die danebenstehende Anzahl von Pfunden Wassers vom Gefrier- bis zum Kochpunkte hin erhitzen:

Fig. 132.



mit gewöhnlichem Torfe	15 Pfd.	mit den besten Holzkohlen	73 Pfd.
» ganz gutem	30 »	» gewöhnlichem Talge	80 »
» völlig trocknem	36 »	» gereinigtem Rüböle	93 »
» schlechten Steinkohlen	60 »	» gutem Baumöle	112 »
» sehr guten	70 »	» Wasserstoffgase	230 »

»6. Wie es Mittel giebt, das Feuer zu befördern; so auch andere, es zu löschen.« — Zu den letztern Mitteln gehört hauptsächlich das Wasser. Wer es in dieser Beziehung anwenden will, erwäge wohl, daß eine verhältnißmäßig geringe Menge desselben nicht nur nichts hilft, sondern das Verbrennen kohliger Substanzen, weil glühende Körper das Wasser zersetzen, den Sauerstoff in sich aufnehmen und den Wasserstoff frei machen, sogar noch begünstigt. Andere Mittel, das Feuer zu unterdrükken, haben wir früher kennen gelernt.

§. 3.

Die Ausdehnung der Körper bei steigender und die Zusammenziehung derselben bei abnehmender Wärme.

Hier habe ich: 1. eine unbeschädigte Schweinsblase; 2. ein kleines Arzneiglas mit dünnen Wänden und einem langen, engen Halse; 3. einen eisernen Ring, durch welchen diese Kugel, so lange er noch kalt ist, nicht fallen kann. Erstere befreie ich, indem ich sie stark zusammendrükke, fast von aller in ihr befindlichen Luft, binde sie fest zu und lege sie auf einen mäßig erwärmten Ofen; das Gläschen ferner fülle ich etwa bis zur Hälfte des Halses mit kaltem Wasser an, stelle es auf die einen Dreifuß bedekkende Blechscheibe und erwärme ver-

mittels einer Spirituslampe die bekannte Flüssigkeit; dem Ringe endlich theile ich mindestens die Hitze mit, bei welcher das Eisen am Tage roth glüht. »Und was ist von dem Allen der Erfolg?« Die Blase verliert eine Falte nach der andern, nimmt also von Sekunde zu Sekunde an Dikke zu, und würde, wenn ich sie nicht zu rechter Zeit von dem Ofen wieder entfernte, zuletzt zerspringen (die in ihr zurückgebliebene Luft dehnt sich in einem solchen überraschenden Grade aus); das Wasser in dem Arzneiglase steigt in die Höhe und fließt zuletzt über (so ist denn auch bei ihm die Ausdehnung bei zunehmender Wärme unverkennbar); bei dem Ringe sehe ich, daß die Kugel durch ihn fallen kann, und daß sich mithin auch sein Volumen vergrößert haben müsse. — Lasse ich nun meine 3 Körper erkalten, so treten sie allmälig in ihre ursprüngliche Lage oder Beschaffenheit zurück: die Blase nimmt nämlich ihr voriges, viel kleineres Volumen wieder ein; das Wasser reicht kaum mehr bis zur Hälfte des Halses, und der Ring läßt durch seine Oeffnung die Kugel nicht mehr fallen. Es hat mithin der nachfolgende Satz seine volle Gültigkeit:

»bei steigender Wärme dehnen sich die Körper aus, bei abnehmender ziehen sie sich zusammen.«

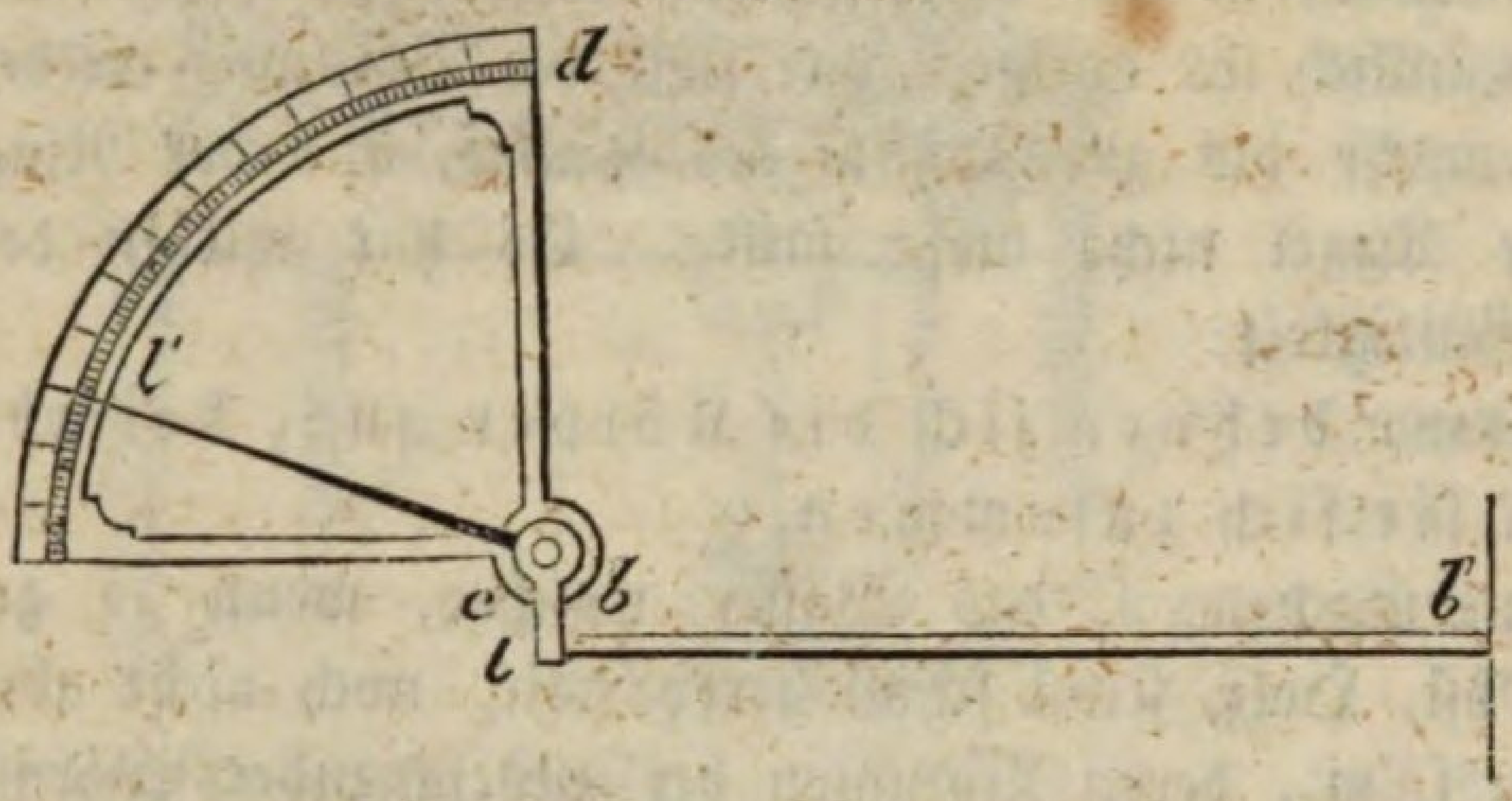
Eine scheinbare Ausnahme machen: 1. das Wasser, welches, wenn es gefriert, sich ausdehnt; und 2. Obst, Holz, selbst schon getrocknete, noch nicht aber geglühte Thon-, Lehmmassen u. s. w., deren Volumen bei zunehmender Wärme sich verringert. Lassen wir einen bestimmten Gewichtstheil solcher Erde, nachdem er mit Wasser vermischt und zu einem ordentlichen Teige umgeschaffen worden ist, so lange in einer mäßigen Wärme, bis er sowol dem Gesicht, als auch dem Gefühl völlig trokken erscheint; so hat er doch noch immer, worüber uns sein jetziges Gewicht belehrt, eine Menge Wasser bei sich, die ihm jene Hitze nicht entziehen konnte. Eben dieses Wasser ist es, welches, wenn er noch eine größere Hitze erhält, durch seine Poren entweicht, und so bewirkt, daß jede Lehm-, Thon-, Porzellanerde u. dgl. bei zunehmender Wärme scheinbar anstatt ausgedehnt, zusammengezogen wird (auf jene erste Erscheinung, nämlich auf die Umbildung des Wassers in Eis, komme ich in dem Paragraphen über die Bindung und das Freiwerden der Wärme zurück).

Daß ein eiserner Reifen das Rad, um welches er geschlagen worden ist, später fest umschließt; daß glühende Bolzen das Plätteisen fast ausfüllen, obwol sie, ehe sie ins Feuer kamen, bedeutend kleiner waren; daß der ins Nageleisen fest gehämmerte heiße Stift, wann sich seine Temperatur sehr erniedrigt hat, leicht wieder herausspringt; daß solche Gegenstände, welche aus Lehm, Thon und ähnlichen Stoffen bereitet sind, oft Risse bekommen; daß von unsern Mobilien, besonders wenn die Sonne auf sie recht kräftig einwirkt, nicht selten dünne Schichten feinern Holzes sich trennen (letztere Erscheinung ist meist eine Wirkung der verschiedenen, durch ungleiche Feuchtigkeit und Austrocknung entstehenden Zunahme des Volumens); daß bei dem Gießen der Glokken und Kanonen, wenn anders der Meister auf die Form nicht die nöthige Rücksicht genommen hat, häufig Stükke zerbrechen; daß Eisenbahnschienen und die Platten der Zinkdächer nicht ganz dicht an einander gerückt werden dürfen; daß sich gläserne Pfropfen, die zu fest sitzen, dadurch losmachen lassen, daß man den Hals der Flasche über einer Flamme erwärmt; daß gewisse Körper auf kaltem Wasser schwimmen, auf heißem hingegen untersinken (heißes Wasser ist spezifisch

leichter, als kaltes): über diese und unzählige andere Erscheinungen belehrt uns genügend der weiter oben über die Wirkung der Wärme erörterte Allgemeinsatz.

Die Ausdehnung fester Körper bei steigender Wärme ist sehr gering; wer sie daher nicht blos veranschaulichen, sondern auch messen will, muß nothwendig darüber nachdenken, wie er sie dem Auge vergrößert darstellen könne. Vortreffliche Dienste leistet ihm hierbei eine Vorrichtung der Art, wie ihr sie in Fig. 133 erblickt. Die Theile derselben sind: 1. eine Stange, *bb'*, welche aus derjenigen Masse bereitet ist, deren Ausdehnung erforscht werden soll; 2. ein fester Widerhalt, *ff'*, der die Stange, weil sie sich an ihn stützt, nöthigt, sich nur nach der entgegengesetzten Seite hin zu verlängern; 3. ein Winkelhebel, *lcl'*, der sich um seinen Unterstützungspunkt *c* drehen kann und durch seinen kürzern Arm *lc* mit dem andern Ende der Stange *bb'*, also des zu prüfenden Körpers, in Verbindung steht; endlich 4. ein Quadrant, *cl'd*, der in Grade abgetheilt ist und den längern Hebelarm *l'c* als Nadel oder Zeiger benutzt. Wie die beschriebene Vorrichtung wirkt, liegt offen da. Wer sähe wol nicht ein, daß die Stange *bb'*, indem sie bei zunehmender Wärme an Ausdehnung gewinnt, das Ende des kürzern Hebelarmes, *l*, fortschieben, daß dabei das Ende des längern, *l'*, einen ungleich größern Weg zurücklegen, und daß eben dadurch wieder, wenn anders die Arme *cl* und *cl'* an Länge sehr verschieden sind, auch die geringste Ausdehnung der Stange *bb'* sichtbar machen müsse? Von Mängeln ist jedoch auch der in Rede stehende Apparat nicht frei; denn es lassen sich bei ihm weder die Drehachse *c*, noch der Widerhalt *ff'* völlig unverrückbar machen.

Fig. 133.



Wenn ich die Ausdehnung irgend einer tropfbaren Flüssigkeit bestimmen will, bedarf ich eines Gefäßes, das aus Glas bereitet, ungefähr wie das nebenstehende Bild (Fig. 134) gestaltet und an der einen Stelle seines ziemlich weiten Halses eng zusammengezogen und markirt ist. Gesonnen, mit ihm Versuche anzustellen, erforsche ich 1. sein Gewicht vermittels einer sehr empfindlichen Gleichwage; fülle ich es 2. mit derjenigen Flüssigkeit, deren Ausdehnung bei gewissen Wärmegraden ich prüfen will, so weit an, daß sie noch in den kleinen Trichter, folglich über *a*, zu stehen kommt; erkalte ich es 3., indem ich es mit schmilzendem Schnee oder Eise umgebe, bis auf 0 Grad; schaffe ich 4. jeden Tropfen, der sich nun noch über der Marke *a* zeigt, sorgfältig hinweg; wäge ich 5., ohne daß aber die Temperatur eine andere geworden sein darf, den Apparat mit der in ihm enthaltenen Flüssigkeit zugleich; erwärme ich ihn 6. bis zu einem gewissen Grade, etwa dem 100sten nach der Skala des Celsius; entferne ich 7. zum zweiten Male den Flüssigkeitstheil, der bei dem vor-

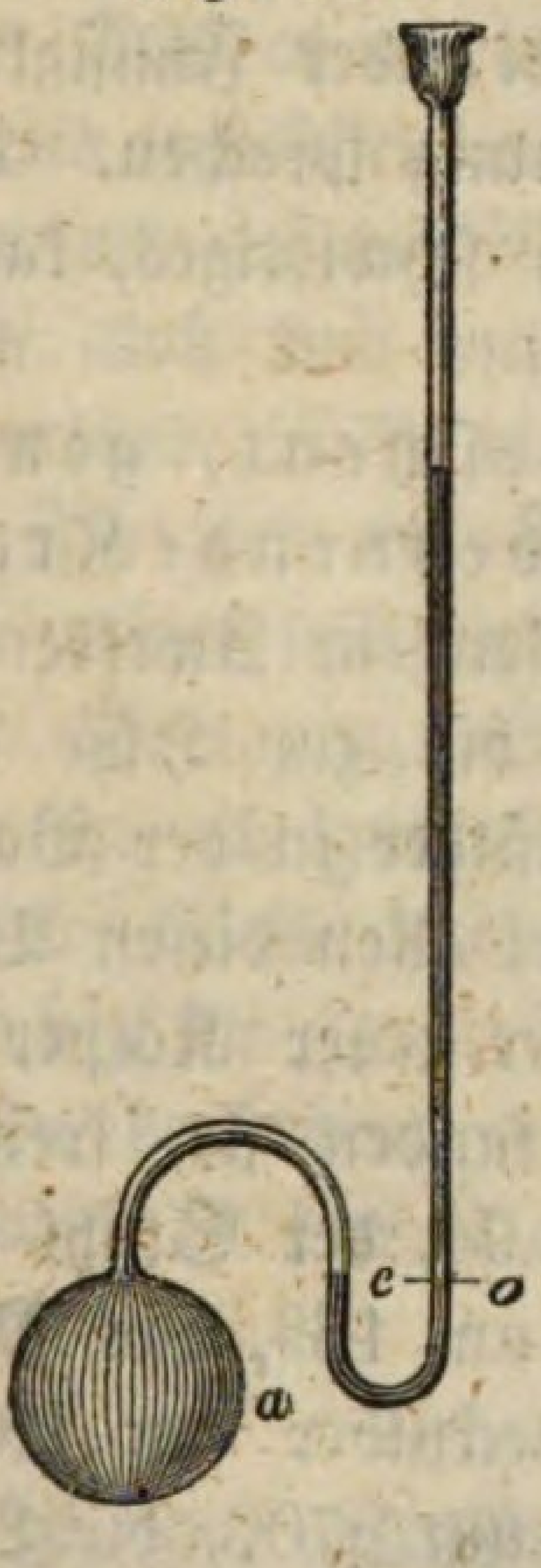
Fig. 134.



hergehenden Geschäfte über *a* getreten ist; untersuche ich endlich 8. welches Gewicht bei so bewandten Umständen die Kugel nebst Allem, was in ihr ist, besitzt. Soll ich nun berechnen, welche Ausdehnung die Flüssigkeit von dem Frost- bis zu dem Siedepunkte hin erlitten hat; so gehe ich auf das Verhältniß ein, in welchem die Schwere desjenigen Flüssigkeitstheiles, den ich bei meinem siebenten Geschäft entfernt habe, zu dem Gewichte der ganzen Menge steht. Gesetzt, es habe die Flüssigkeit, welche das Gefäß bis zur Marke füllt, beispielsweise bei 0 Grad 30, bei 100 Graden aber nur 29 Loth gewogen; dann ist es ja klar, daß sie sich bei einer Temperaturerhöhung von 100 Graden, wenn ich anders den Einfluß der Wärme auf das Gefäß nicht beachte, in dem Verhältnisse von 29 zu 30 ausgedehnt hat, oder daß ihre Volumen-Vergrößerung von 0 bis 100 Graden hin $1/_{29}$ beträgt.

Auch die Ausdehnung der elastischen Flüssigkeiten läßt sich ziemlich genau nachweisen. Am besten benutzt man hierzu das Mittel, welches auf dem bekannten Erfahrungssatze beruht: »der Druck elastischer Flüssigkeiten, die wir auf irgend eine Art an ihrer Ausdehnung hindern, nimmt, während wir ihnen eine höhere Temperatur mittheilen, genau in demselben Verhältnisse zu, in welchem sich sonst ihr Volumen vergrößert haben würde.« — Stellet euch vor, die Luft in der Kugel *a* (Fig. 135) sei völlig trokken und mit der Atmosphäre durch das in der gebogenen Röhre sich befindliche Quecksilber außer aller Verbindung gesetzt! Wie vorhin die tropfbare Flüssigkeit, führe ich nun auch sie auf die Temperatur 0 Grad zurück. Dann gieße ich bei *b* so viel Quecksilber in die Röhre, daß es in dem kürzern Schenkel bis *c* reicht, ziehe die horizontale Linie *co*, und erhalte so den Nullpunkt einer Skala, welche auf einem Brettchen hinter dem längern Schenkel, das der Röhre zur Unterlage dient, angebracht ist. Hierauf beobachte ich, während die Kugel noch immer ihr Kleid von schmilzendem Schnee oder Eise trägt, den Barometerstand *b*, und die Anzahl derjenigen Linien, um welche das Quecksilber in dem längern Schenkel über dem Nullpunkte der Skala steht. Zuletzt erwärme ich die Kugel allmälig, und gieße durch *b*, weil die sich ausdehnende Luft das Quecksilber bei *c* niederdrückt, so viel von dieser Flüssigkeit zu, bis sie ihren vorigen Standpunkt *c* wieder erreicht hat. Hieraus ergiebt sich offenbar die Zunahme des Luftdrukkes.

Fig. 135.



Was sonst noch über die Ausdehnung der Körper bei zunehmender Wärme zu wissen nöthig ist, fasse ich in folgende sechs Punkte zusammen:

»1. Die elastischen Flüssigkeiten dehnen sich, weil bei ihnen die Cohäsion der Wärmekraft kein Hinderniß entgegensetzt, bei allen Temperaturen, — die festen Körper ferner höchstens zwischen dem Frost- und dem Siedepunkte, — die tropfbaren Flüssigkeiten endlich, etwa das Quecksilber ausgenommen, nicht einmal innerhalb jenes Raumes regelmäßig aus.«

»2. Die Kraft, mit welcher sich die Körper ausdehnen, ist

äußerst bedutend, und kommt dem Widerstande gleich, den sie offenbaren, wenn wir sie zusammendrükken wollen. Wie es mit ihr steht, so auch mit ihrer Gegenkraft, die sich uns bei dem Erkalten der Körper kund giebt.« — Es müssen daher solche Leute, welche Röhrenleitungen anzulegen, eine größere Zahl von Eisenstäben an einander zu reihen haben u. s. w., stets von Neuem prüfen, obwol für die Ausdehnung noch ein kleiner Raum übrig bleibe, oder nicht. Bei den Röhrenleitungen wenden sie gewöhnlich Bleistreifen an, die sie um dasjenige Röhrenende wikkeln, welches in die weitere Oeffnung der folgenden Röhre gesteckt werden soll. Nicht minder vorsichtig sind sie bei Dächern von Zink, eisernen Geländern, dem Erhitzen gläserner oder auch anderer Gefäße u. s. w.

»3. Die Ausdehnung, welche ein Körper durch zunehmende Wärme erlitten hat, kann nach **einer**-, aber auch nach **drei** Richtungen gemessen werden; in jenem Falle erhalten wir die **lineare**, in diesem die **kubische** Ausdehnung.« — Letztere bestimmen wir, wie uns Dies die obigen Versuche gelehrt haben, bei den elastisch- und den tropfbarflüssigen Körpern unmittelbar bei den festen hingegen mittelbar, d. h. wir schließen erst von der linearen auf die kubische Ausdehnung.

»4. Wie wir eine lineare und eine kubische Ausdehnung unterscheiden, so auch, jedoch nur bei den Flüssigkeiten, eine **absolute** und eine **scheinbare**« — So lange nämlich das Gefäß von dem Einflusse der Wärme nicht frei bleibt; so lange können wir bei jeder Flüssigkeit, die es aufgenommen hat, nur von der scheinbaren Ausdehnung sprechen. Die absolute Ausdehnung einer Flüssigkeit zu bestimmen, ist ein schwieriges, kaum ausführbares Geschäft.

»5. Einige Männer haben die Mühe nicht gescheut, genau zu erforschen, wie bei gewissen Körpern die ausdehnende Kraft der Wärme beschaffen ist.« — Sie erwärmten zu solchem Zwekke die Gegenstände von der Temperatur des schmilzenden Eises bis zur Hitze des kochenden Wassers hin. Vorausgesetzt nun, daß das Quecksilber in der Barometerröhre 27 Zoll 6 Linien hoch stand (der Luftdruck ist bei allen diesen Versuchen wohl zu berücksichtigen), und daß sie die Länge aller jener Körper zu 100,000 gleichen Theilen irgend eines Maßes annahmen, fanden sie, freilich aber nur ungefähr, daß sich das Glas um 83, das Gold um 94, der Stahl um 122, das Eisen um 125, das Kupfer um 170, das Silber um 189, das Messing um 193, das Zinn um 248, das Blei um 286, das Quecksilber um 1850, das Wasser um 4517, das Leinöl um 7200, der Weingeist um 8700, die Luft um 40300 solcher Theile ausdehnte. Warum nun gelehrte Leute bei allen Flüssigkeiten, deren Ausdehnung sie kennen lernen wollen, stets Gefäße von Glas, nie also von Blei, Zinn, Messing u. s. w., anwenden, geht aus den angeführten Ergebnissen genügend hervor.

»6. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß nicht selten Körper, die bei hohen Wärmegraden recht gut zusammenhalten, plötzlich, wenn sie nämlich einer starken Abkühlung ausgesetzt werden, sich trennen und von einander reißen.« — Ich führe beispielsweise Siegellack und eine Metallplatte an. Während sie wieder kalt

werden, zieht sich der eine Körper mehr, der andere weniger schnell in einen engern Raum zusammen; »wie aber wäre es unter solchen Umständen wol möglich, die früher vereint gewesenen Theile auch noch ferner an einander haften zu sehen?« — Eine andere, jener sehr ähnliche Erscheinung, daß nämlich ein Glas zerspringt, wenn es plötzlich mit recht heißem Wasser angefüllt wird, beruht darauf, daß sämmtliche Glastheile, welche an der erhitzten innern Fläche liegen, sich schneller aus einander drängen, als die übrigen Zeit gewinnen können, an der Ausdehnung gleichmäßigen Antheil zu nehmen. Auch die Sprödigkeit des Glases trägt dazu nicht wenig bei. Wäre sie nicht vorhanden, oder doch wenigstens nur in geringem Grade; so würden fast immer die innern Wände, wie bei Gefäßen aus verschiedenen andern Stoffen, eine kleine Beugung erleiden. Ein kaltes Glas, auf einen heißen Ofen gesetzt, liefert dasselbe Resultat. Wie übrigens ein Blatt Papier, zwischen das Glas und den Ofen gelegt, das Zerspringen des erstern Körpers verhindern könne; darüber ertheilt der 5te Paragraph genügenden Aufschluß.

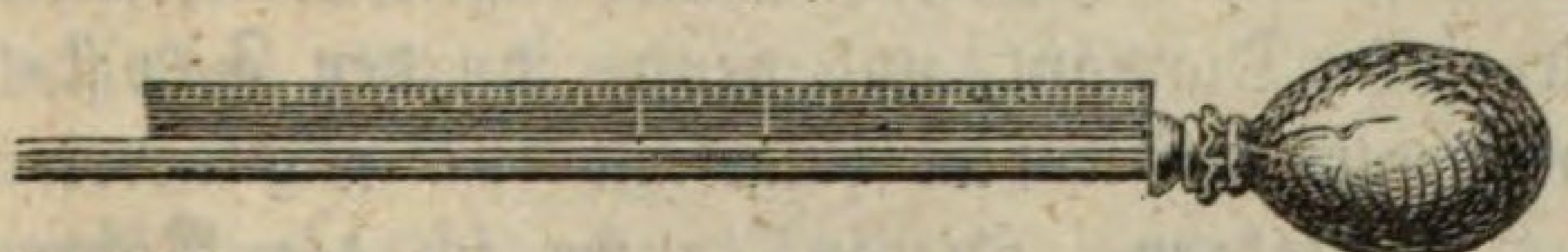
§. 4.

Das Thermometer oder der Wärmemesser.

Daß es in einigen Fällen des Lebens nothwendig, in vielen andern mindestens wünschenswerth ist, die Wärmegrade genau zu wissen, haben die Menschen von jeher, besonders aber in den beiden letzten Jahrhunderten, tief gefühlt. Und auch wir würden in der Kenntniß über die Temperatur der Körper eine bedeutende Lükke wahrnehmen, besäßen wir nicht das Thermometer, welches uns die Zu- und die Abnahme der Wärme vollkommener anzeigt, als es sein erster Verfertiger selbst nur zu hoffen wagte.

Gesonnen, ein solches Instrument vor euren Augen entstehen zu lassen, erforsche ich zunächst, obwol eine meiner Glasröhren in allen ihren Theilen einerlei Weite besitzt. Zu diesem Zweck lasse ich einen kleinen Quecksilbertropfen allmälig die ganze Röhre durchlaufen, und messe nach einem jedesmaligen Fortrükken desselben, wieviel seine Ausdehnung in die Länge beträgt. Recht anschaulich ist dies Verfahren in Fig. 136 dargestellt. Die Blase an dem einen Ende der Röhre besteht aus gummi elasticum, und treibt den Quecksilbertropfen, indem ich auf sie nur einen schwachen Druck ausüben darf, von einem Orte zum andern fort. Behält er nun überall seine ursprüngliche Länge unverändert bei, so eignet sich die Röhre sehr wohl zu einem Thermometer: ist jedoch Dies nicht der Fall; so bleibt mir nur übrig, sie für unbrauchbar zu erklären, oder so zu theilen, daß die bezeichneten äußern Grade gleich großen innern Räumen möglichst genau entsprechen.

Fig. 136.



Um die Kugel an die Röhre zu bringen, mache ich zuerst vermittels der Schmelzlampe ihr eines Ende flüssig; knete hierauf, wobei ich mich eines Kupfer-

oder Eisendrathes bediene, der übrigens auch, um stets warm zu bleiben, in die Flamme getaucht werden muß, das geschmolzene Glas und runde es knopfförmig zu; blase zuletzt in das offene Ende der Röhre, oder drücke diese, falls ich hier eine Vorrichtung von gummi elasticum angebracht habe, und dehne so jenes andere Ende zu einer Kugel aus.

Mein drittes Geschäft besteht in der Füllung der Kugel und des einen Theiles der Röhre. Unter allen Flüssigkeiten eignet sich hierzu das Quecksilber am besten: denn 1. ist es für die Zu- und die Abnahme der Wärme überaus empfänglich; 2. siedet und gefriert es sehr spät; 3. dehnt es sich, wenigstens von dem Frost- bis zu dem Kochpunkte hin, sehr regelmäßig aus; endlich 4. wird es unter allen tropfbaren Flüssigkeiten in der Natur am häufigsten rein angetroffen. Bevor ich es in die Glasröhre bringe, erhitze ich dieselbe; dann tauche ich ihre Spitze, wenn die in ihr befindliche Luft die möglichst größte Verdünnung erlitten hat, in ein mit Quecksilber angefülltes Gefäß. Während des allmälig eintretenden Erkaltens steigt nun jene Flüssigkeit in der Röhre bis zur Kugel hin. Sollte bei diesem Verfahren nicht genug Quecksilber in die Röhre gekommen sein; so kann ich nichts Besseres thun, als dasselbe, indem ich Kugel, Röhre und Quecksilber zugleich erwärme, zu wiederholen.

Bei dem Zuschmelzen der Röhre mache ich den Raum über der Quecksilbersäule luftleer, ziehe die Röhre in eine feine Spitze aus, erwärme sie und die Kugel über einem gelinden Kohlenfeuer, und verschließe in dem Augenblick, da oben einige Tröpfchen hervortreten wollen, die kleine Oeffnung. Nach dem Erkalten der Kugel runde ich in der Flamme die feine Spitze noch etwas zu.

Ein Werkzeug, wie das so eben verfertigte, würde übrigens nur von geringem Nutzen sein, befände sich an ihm kein Maßstab, der bestimmte feste Punkte zeigte, bis zu denen das Quecksilber unter gewissen Umständen steigt oder fällt. Nicht nur diese Punkte, sondern überhaupt die ganze Skala anzubringen, ist mein letztes Geschäft. Um zunächst die eine feste Stelle zu finden, setze ich nicht blos die Kugel, sondern auch noch denjenigen Theil der Glasröhre, welcher mit Quecksilber angefüllt ist, in ein Stück schmilzendes Eis und beobachte aufs sorgfältigste den Punkt, bis zu dem die genannte Flüssigkeit sich senkt, oder bei dem sie so lange, als noch nicht alles Eis in Wasser sich verwandelt hat, unverändert stehen bleibt. Diesen Punkt bezeichne ich anfangs mit Dinte, später aber mit einem Diamant, und nenne ihn den Frost- oder Gefrierpunkt des Thermometers. Die hier beigefügt 137. Figur veranschaulicht theilweise das erörterte Verfahren. Hierauf tauche ich die Röhre in ein metallnes Gefäß mit langem Halse (Fig. 138.) und bringe das in ihm vorhandene destillirte Wasser zum Kochen. Während dieser Zeit steigt das Quecksilber bis zu einer gewissen Höhe ziemlich schnell, und verharrt, dort angelangt, zum zweiten Mal, bis sich nämlich auch der letzte Wassertropfen in Dampf aufgelöst hat, unverändert auf derselben Stelle (die beiden Seitenöffnungen sind für das Entweichen des Dampfes bestimmt). Eben sie bildet den zweiten allgemein angenommenen festen Punkt, den Koch- oder Siede-

punkt unseres Instruments. Der Raum zwischen dem Gefrier- und dem Siedepunkte führt bei jedem Thermometer den Namen Grund- oder Fundamental-Abstand und wird bald in mehr, bald in weniger gleiche Theile getheilt. Nach der gewöhnlichen Anordnung, der Réaumur'schen, zerfällt er in 80, — nach einer andern, der Celsius'schen oder neuen französischen, in 100, — nach noch einer andern, der de Isle'schen, sogar in 150 Grade. Réaumur und Celsius zählen die Grade vom Frost-, hingegen de Isle vom Siedepunkt an. Fahrenheit, ein berühmter Thermometer-Verfertiger aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, fand, indem er sein Instrument in eine Mischung von Schnee und Salmiak setzte, einen dritten festen Punkt, und nannte denselben, um ihn von dem gleichnamigen natürlichen zu unterscheiden, den künstlichen Gefrierpunkt; er theilte ferner den gewöhnlichen Abstand in 180 und den Raum zwischen den beiden Frostpunkten in 32 Grade, so daß sein künstlicher Gefrierpunkt mit 0 und der Siedepunkt mit 212 bezeichnet ist. Noch immer wird seine Skala in England fast allein und in dem übrigen Europa nächst der achtzigtheiligen am häufigsten gebraucht. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen bedienen sich jetzt die Gelehrten des hundertheiligen Thermometers. Die Wärmegrade werden stets mit +, die Kältegrade mit — bezeichnet. Hierdurch ist oft der Irrthum entstanden, als ob ein Körper, dessen Temperatur unter 0 Grad geht, keine Wärme mehr enthalte, während wir doch schon aus der Verschiedenheit der Kältegrade genügend ersehen, daß er noch immer Wärme verlieren könne.

Fig. 137.

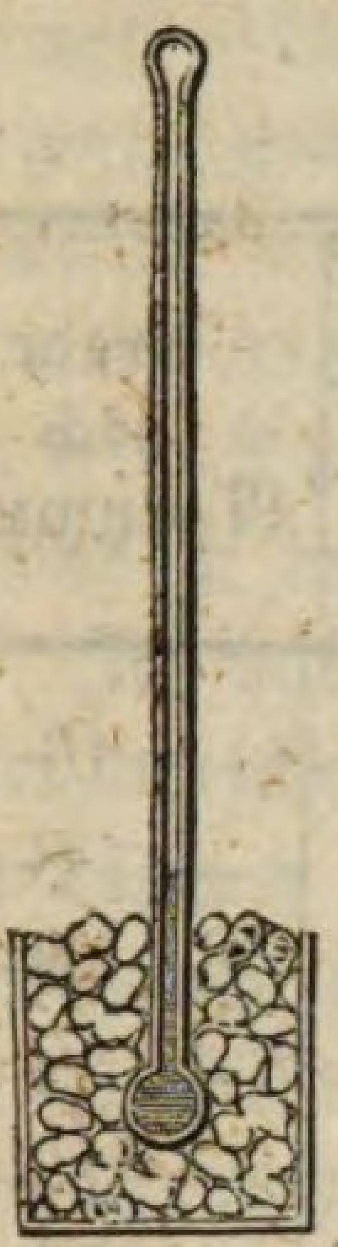
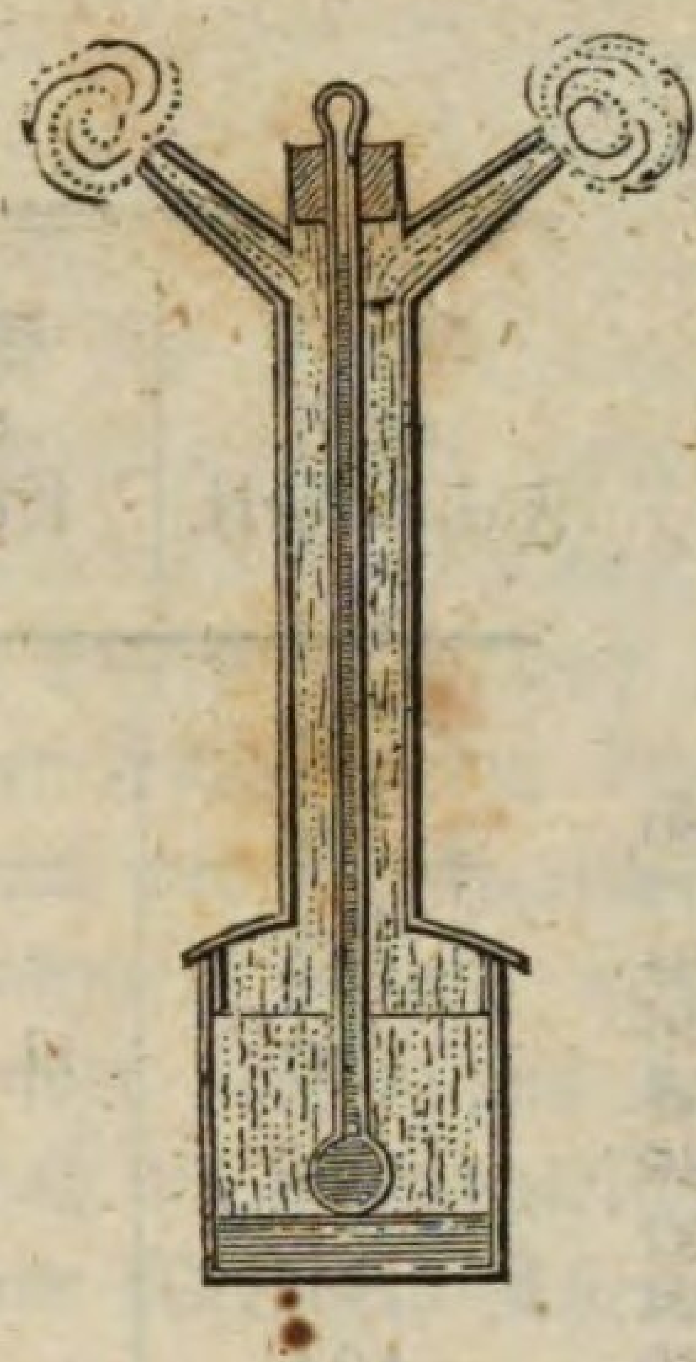


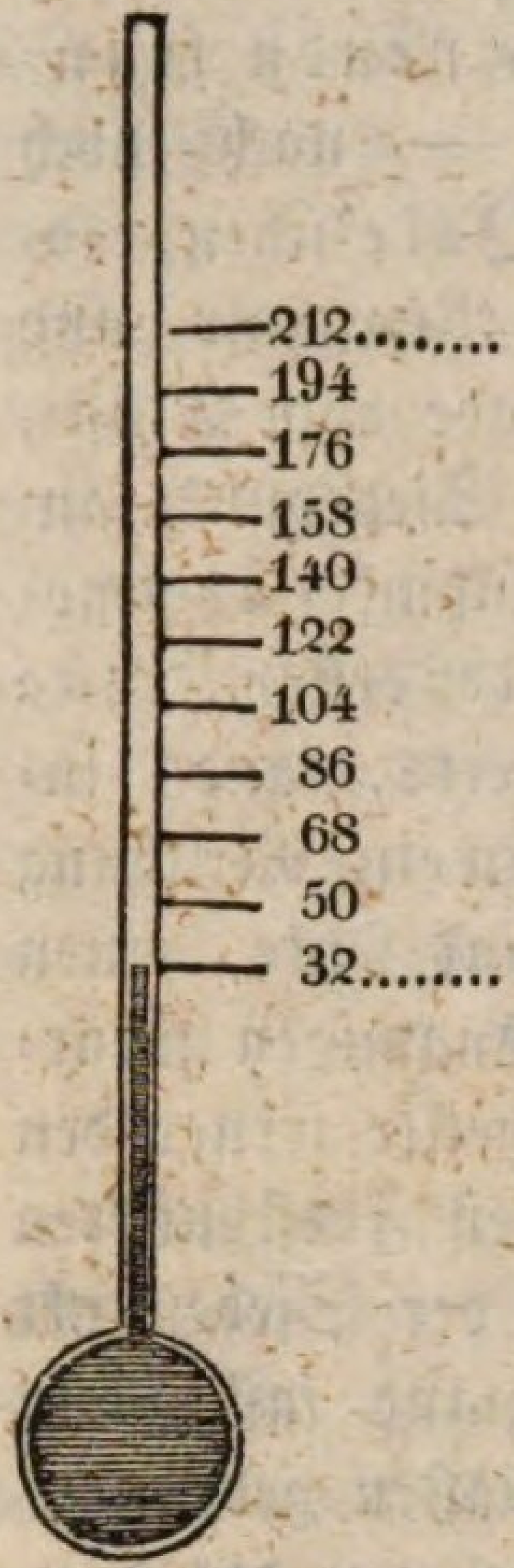
Fig. 138.



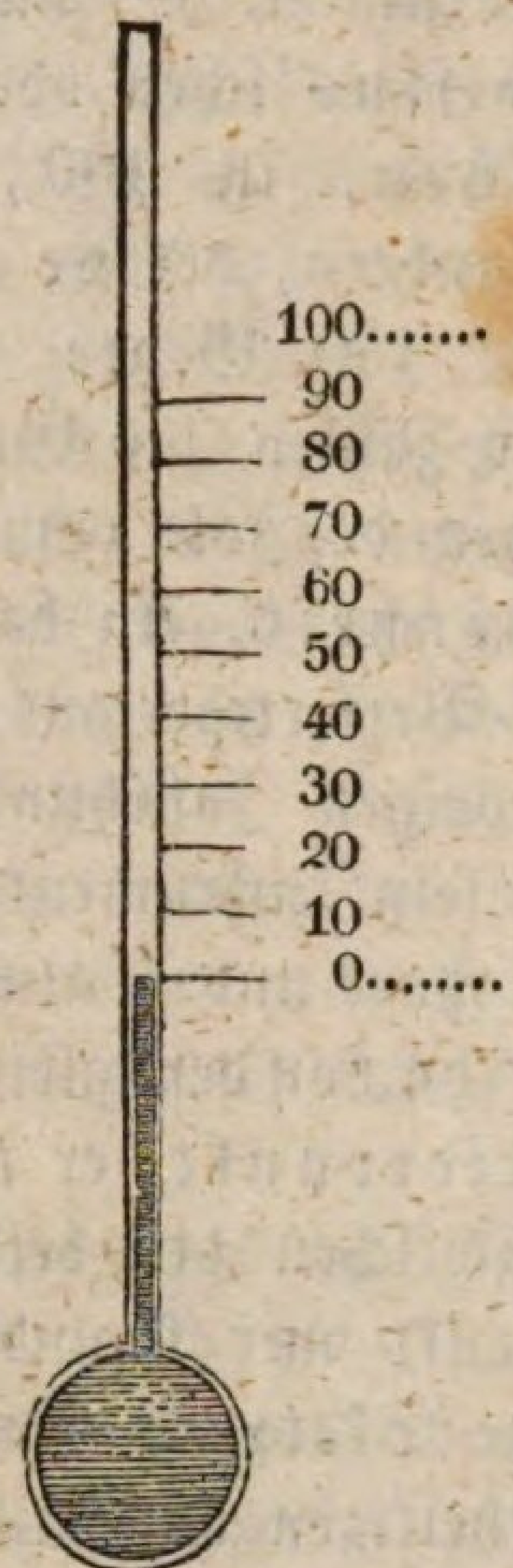
Wer Thermometer-Grade angiebt, darf, wie aus dem Vorigen erhellt, nie unterlassen, die Skala zu nennen, von der er redet. Ein schneller Vergleich der verschiedenen Thermometer-Grade bleibt für Jeden sehr wünschenswerth. Ich bemerke hier nur für den am häufigsten vorkommenden Fall, daß 1 Grad bei Réaumur 2¼ Graden bei Fahrenheit entspricht, und daß ich, um letztere auf erstere zurückzuführen, 32 entweder von der Zahl abziehen, oder zu derselben addiren (ich subtrahire bei Graden der Wärme und addire bei Graden der Kälte), den Rest oder die Summe mit 4 multipliciren und das erhaltene Produkt durch 9 dividiren muß.

Zu leichterer Vergleichung der verschiedenen Skalen dienen sowol die Figuren 139, 140 und 141, als auch die neben ihnen stehende Tabelle:

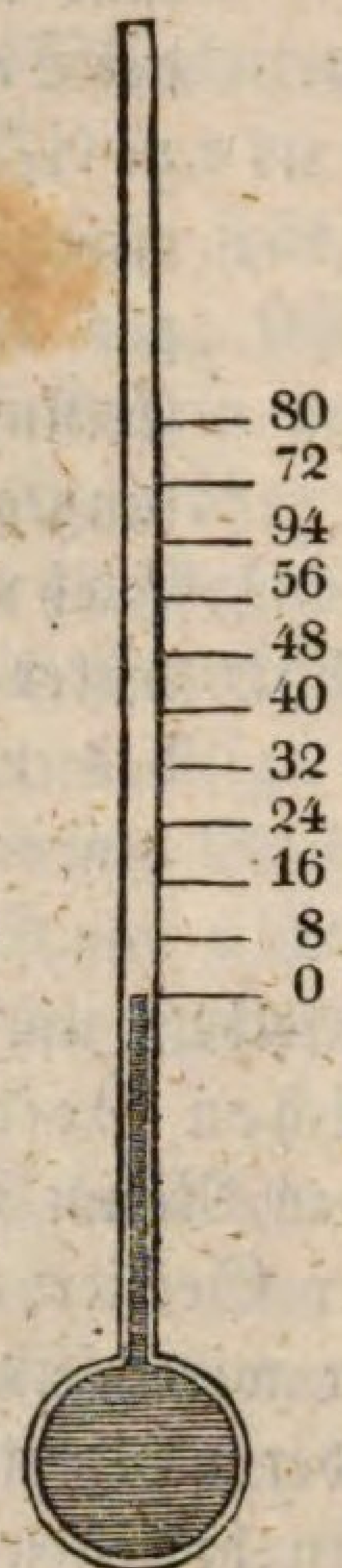
Skala nach Fahrenheit. Fig. 139.



Skala nach Celsius. Fig. 140.



Skala nach Réaumur. Fig. 141.



Grade nach Fahrenheit.	Grade nach Celsius.	Grade nach Réaumur.
— 4	— 20	— 16
+ 14	— 10	— 8
32	0	0
50	+ 10	+ 8
68	20	16
86	30	24
104	40	32
122	50	40
140	60	48
158	70	56
176	80	64
194	90	72
212	100	80

Die Untersuchung, ob der Gefrier- und der Siedepunkt wirklich so unveränderlich sind, als wofür sie gelten, bleibt ein nicht nur wichtiges, sondern auch nothwendiges Geschäft. Leider erfreut sie uns mit keinem guten Resultate. Schon bei dem Gefrierpunkte finden wir in den verschiedenen Schichten des in Wasser aufgelösten Schnee-es oder Eises keine ganz übereinstimmende Gleichheit der Temperatur. Die Differenz ist jedoch äußerst gering, ja reducirt sich, falls wir destillirtes Wasser gebaucht haben, auf Null. Ungleich übler, als mit dem Gefrier-, steht es mit dem Siedepunkte. Schon Fahrenheit bemerkte, daß das Wasser bei einem schwächern Luftdrukke leichtet siedet, als bei einem stärkern, und daß daher der Kochpunkt bei den verschiedenen Thermometern nicht immer übereinstimmen könne. Sehr bald überzeugten sich hiervon auch Andere. So sah z. B. ein Franzose, der sich auf den Mont Blanc begeben hatte, daß das Wasser in einer Höhe, wo das Quecksilber in der Barometerröhre bis zu 16 Zoll herabgefallen war, bereits bei 68 Graden nach Réaumur zu kochen begann, und Experimente, mit der Luftpumpe angestellt, haben ja auch uns gelehrt, daß im äußerst verdünnten Raume noch viel weniger Wärme erfordert wird, das Wasser in den bezeichneten Zustand zu versetzen. Nächst dem Luftdrukke hängt das frühere oder spätere Sieden auch von der Beschaffenheit des Wassers ab; Meerwasser z. B., das bekanntlich einen starken Salzgehalt besitzt, kocht keinesweges so schnell, als Fluß- oder Brunnenwasser. Endlich üben auch die Gefäße auf die Siedhitze einen wohl zu beachtenden Einfluß aus.

Wer Wasser in einem irdenen und einem eisernen Topfe einer möglichst gleichen Wärme aussetzt, wird sich überzeugen, daß das Wasser in dem eisernen Topfe früher in den Zustand des Kochens übergeht. So gelten denn für jeden Thermometer-Verfertiger folgende drei Regeln: »1. beobachte er den allgemein angenommenen Barometerstand von 28 pariser Zoll; 2. gebrauche er nur destillirtes, oder wenigstens solches Wasser, wie es uns die Natur im Regen und Schnee darbietet; endlich 3. bringe er die Thermometerröhre nicht in das kochende Wasser selbst, sondern in die aus ihm emporsteigenden Dämpfe.«

Ich habe zwar weiter oben das Quecksilber für diejenige Flüssigkeit erklärt, welche sich zur Füllung der Thermometerröhre am besten eignet; allein wir können doch auch der Weingeist-Thermometer, besonders wenn wir hohe Kältegrade zu bestimmen haben, nicht entbehren. Es verwandelt sich nämlich der Weingeist bei keiner uns bekannten Kälte in einen festen Körper. Dem Uebelstande, daß er sich ungleichförmig ausdehnt, begegnen die Künstler dadurch, daß sie ihre Weingeist-Thermometer nach guten Quecksilber-Thermometern reguliren.

Wenn wir vermittels eines Thermometers den Wärmegrad irgend eines Körpers erforschen wollen; so haben wir wohl zu beachten, daß letzterer die Kugel und einen Theil der Röhre möglichst dicht und auch genügend lange umgiebt, und daß ferner kein anderer Körper auf unser Instrument störend einwirkt. Schon eine Berührung desselben mit der Hand bringt Unrichtigkeiten zuwege. Uebrigens dürfen wir auch nicht früher, als bis die Quecksilberkuppe auf einem gewissen Punkte unveränderlich stehen geblieben ist, sagen, der Körper habe diese oder jene Temperatur. Wer ferner beabsichtigt, die Temperatur irgend einer Erdtiefe zu bestimmen, fülle eine offene Röhre bis zum Rande hin mit Quecksilber an, und lasse sie in dieselbe, beispielsweise in einen artesischen Brunnen, hinab. Offenbar treibt dort unten die höhere Wärme einen Theil des Quecksilbers aus der Röhre fort. Wenn er nun seinen Apparat wieder heraufgezogen hat, bringe er ihn in Wasser, erwärme dieses allmälig, und beobachte in dem Augenblikke, da das Quecksilber die Röhre von Neuem ganz ausfüllt, welchen Wärmegrad ein gleichfalls in diesem Wasser stehendes Thermometer anzeigt. — Die Untersuchung über die Temperatur der Meerestiefen gehört nicht hierher.

Das Thermometer erleidet einen sehr mannigfaltigen Gebrauch: der Arzt beurtheilt vermittels desselben die Wärme des menschlichen Körpers, der Luft im Krankenzimmer, des Wassers zum Bade; der Kunstgärtner das Klima seines Gewächshauses; der Seidenzüchter die Wärme der Wohnstube seiner nützlichen Räuplein; der Aegypter sogar die Hitze der Eier ausbrütenden Oefen; — der Naturforscher nimmt es mit sich auf die Gipfel der Berge, an den Bord der Luftschiffe, ja selbst in die Taucherglokke, welche ihn ungefährdet in die Tiefe des Oceans befördert. — Auch in der Lehre über die Witterungskunde spielt es eine bedeutende Rolle. —

Die Idee, vermittels eines Instrumentes, wie der Wärmemesser ist, die Temperatur-Veränderungen wahrnehmbar zu machen, zeugt unstreitig von einem sinnreichen Kopfe. Cornelius Drebbel, ein holländischer Landmann, der sich oft in England aufhielt und in der letzten Hälfte des sechzehnten und in der ersten des

siebzehnten Jahrhunderts lebte, gilt gewöhnlich für den ersten Verfertiger des nützlichen Instruments. Andere erkennen Galiläi, noch Andere dem Arzte Sanctorius die Ehre der Erfindung zu. Mit dem Drebbel'schen Thermometer stand es so, wie mit jedem Instrumente, das eben erst ins Dasein gerufen worden ist, d. h., es war mit Unvollkommenheiten aller Art reich begabt. Denket euch nur bei ihm an das eine Ende einer Glasröhre eine Kugel geblasen, und das andere, stets offenstehende in ein Gefäß mit einer gefärbten Flüssigkeit getaucht! Nahm die Wärme zu, so dehnte sich die Luft in der Kugel aus und drückte den Liquor zu Boden; nahm sie ab, so zog sie sich zusammen und ließ ihn wieder in die Höhe steigen. Der Hauptfehler des Drebbel'schen Thermometers lag darin, daß der Druck der äußern Luft auf die gefärbte Flüssigkeit wirken, und bei ihr, ohne daß ein anderer Wärmegrad eintrat, ein Steigen oder Sinken veranlassen konnte. Außerdem fehlte ihm die Skala. Mit dem Fortgange der Zeit verschwand bald dieser, bald jener Fehler. Das florentinische Thermometer, dessen Erfindung in die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts fällt und den Akademikern zu Florenz zugeschrieben wird, ist schon bei Weitem vollkommner; denn bei ihm ist der Raum oberhalb des gefärbten Weingeistes möglichst luftleer gemacht und das sonst offene Ende der Röhre zugeschmolzen. Offenbar steigt der Weingeist bei zu- und fällt bei abnehmender Wärme. Das florentinische Thermometer besaß auch noch den Vorzug, daß der Punkt, bei welchem die gefärbte Flüssigkeit in einem tiefen Keller stehen blieb, bezeichnet, und daß von ihm aus der nächste ober- und unterhalb befindliche Raum in gleiche Theile getheilt war. Leider aber verdiente jener Punkt eben so wenig fest, wie jeder dieser Grade bestimmt genannt zu werden. Glücklicher Weise beobachtete Halley i. J. 1692, daß die Flüssigkeit in einem Thermometer, welches in einem offenen, mit siedendem Wasser angefüllten Gefäße stand, nie höher stieg, als bis zu einer gewissen Stelle, die schon er den Punkt des kochenden Wassers nannte. Endlich machte der große Newton eine nicht minder wichtige Endekkung. So lange nämlich das Eis, welches er um die Kugel seines Instruments gelegt hatte, kraft des immer von Neuem hinzugegossenen heißen Wassers schmolz, veränderte sich in der Thermometerröhre der Stand des Leinöls nicht. Diesen Punkt hieß er den Eis- oder Gefrierpunkt. Nun erst war der Weg zur Anfertigung einer ordentlichen Skala gebahnt. Was Fahrenheit, Réaumur und Andere für die Verbesserung der Thermometer gethan haben, ist schon weiter oben mitgetheilt worden. —

§. 5.

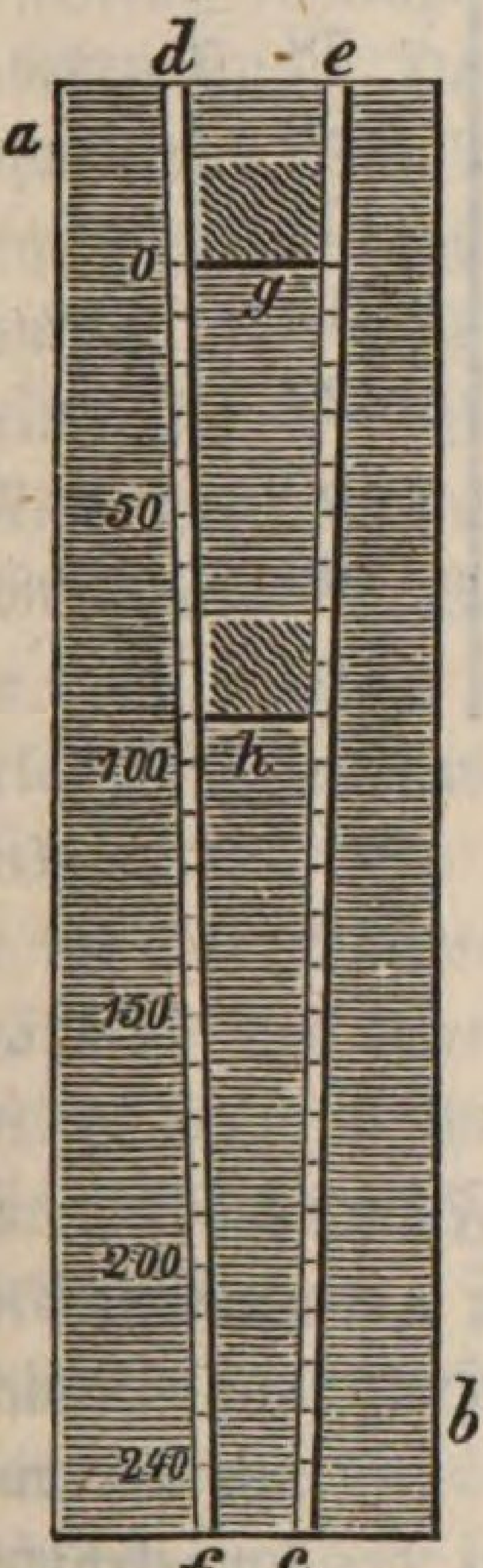
Das Pyrometer oder der Feuermesser.

Das Thermometer ist zwar ein sehr nützliches Instrument; allein es dient doch nur dazu, die Grade einer mäßigen Wärme zu bestimmen. In Glas- und Eisen-Hütten, in Porzellan- und Steingut-Fabriken, in Glokkengießereien und ähnlichen Werkstätten gewährt es nur wenige, ja fast gar keine Vortheile. Der Wunsch, auch solche Grade zu messen, welche die Kochhitze des Quecksilbers übersteigen, hat daher schon längst Männer veranlaßt, Instrumente zu

verfertigen, durch die ihnen Solches möglich ist. Dieselben führen den Namen Pyrometer oder Feuermesser. Leider sind sie selbst heute von mehrern Mängeln nicht frei.

Wedgewood, ein englischer Steingut-Fabrikant, wählte zum prüfenden Stoffe den Thon von Cornwallis, kurz eine Erdart, die sich, in eine höhere Hitze gebracht, zusammenzieht, und, einer plötzlichen Erkaltung ausgesetzt, nicht wieder ausdehnt. Aus ihm verfertigte er zuerst mehrere Kuben und Cylinder; dann trocknete er sie auf einem Eisenbleche, das so eben in die Rothglühhitze überging; zuletzt setzte er sie einem noch größern Feuer aus. Um weiter den Grad, in welchem sie noch kleiner geworden waren, kennen zu lernen, löthete er auf eine Metallplatte, *ab* (Fig. 142), die zwar nur einige Zoll breit, aber 1½ bis 2 Fuß lang war, 2 vierkantige Stäbe, *ce* und *df*, und zwar so, daß ihre einander zugekehrten Seitenflächen bei *cd* 0,5, hingegen bei *ef* nur noch 0,3 Zoll von einander abstanden. Hierauf schliff er jene getrockneten Thonkörper ab, paßte sie genau zwischen die Stäbe bei *g*, bezeichnete die Stelle, wo ihre innere Seite lag, mit 0 und theilte von dort aus die Länge der Stäbe in 240 gleiche Theile. Brachte er nun später einen jener Thonkörper in eine abermals höhere Hitze, z. B. auf ein Stück Eisen, das zum Schweißen stark angeglüht war, und ließ er ihn in derselben so lange, bis er die Temperatur seiner Unterlage, oder der ihn umgebenden Flüssigkeit angenommen hatte; so durfte er ihn nach seiner Abkühlung blos zwischen die Maßstäbe schieben, um den Pyrometer-Grad, d. h. die Stelle, bei der jetzt die innere Seite stehen blieb, zu finden. Zu erforschen, wieviel ein solcher Pyrometer-Grad Thermometer-Grade ausmache, erfordert viel Mühe und große Geduld. Vorausgesetzt, daß die Zunahme des Silbers mit der Steigerung der Wärme gleichmäßig erfolgt, konnte er allerdings berechnen, auf welchen Grad irgend einer Thermometer-Skala die Rothglühhitze fällt. Er fand, daß dieser Grad der 1077,5. der Fahrenheit'schen Skala war. Nun theilte er seinem Stäbchen eine noch höhere Hitze mit, die beispielsweise zwei seiner Pyrometer-Grade gleich kam. Untersuchte er hierauf die neue Verlängerung desselben und verglich er sie mit jeder früher erhaltenen; so konnte er mit ziemlicher Gewißheit aussprechen, daß ein Pyrometer-Grad 130 Grade nach der Skala des Fahrenheit enthalte. Daß er indeß von der Unvollkommenheit seines Instruments überzeugt gewesen sein müsse, lehrt uns genügend der Umstand, daß er es in späterer Zeit, obgleich es ihm in seinen Steingut-Fabriken vortreffliche Dienste geleistet haben soll, gar nicht mehr anfertigen ließ. — Auch die Pyrometer anderer Männer, z. B. des großen Newton, der mit keinem Gegenstande erfahrungsmäßiger Untersuchungen in Berührung kommen konnte, ohne ihn mit der Gründlichkeit, welche ihm eigenthümlich war, zu behandeln, leiden bald an diesen, bald an jenen Fehlern.

Fig. 142.



Schließlich mache ich einige Wärmegrade namhaft, wie sie bei verschiedenen Dingen angetroffen werden.

Es schmilzt:	Grade nach		Es siedet:	Grade nach	
	Celsius	Wedgewood.		Celsius	Wedgewood.
Quecksilber bei . .	— 39	—	schweflige Säure bei	— 10	—
Milch bei . . .	— 11	—	Salzäther bei . .	+ 12	—
Wein bei . . .	— 5	—	conc. Salzsäure bei	20	—
Talg bei. . . .	+ 40	—	salpetrige Säure bei	28	—
Wachs, weißes, bei	68	—	Schwefeläther bei .	36	—
Schwefel bei . .	111	—	Vitriolöl bei . .	326	—
Zinn bei	228	—	Alkohol bei . . .	78	—
Blei bei	334	—	Salpetersäure bei .	86	—
Silber bei . . .	1000	etwa 6	Meerwasser bei . .	104	—
Kupfer bei . . .	1100	» 7	Leinöl bei . . .	315	—
Gold bei. . . .	1200	» 9	conc. Schwefels. bei	327	—
Stahl bei . . .	1300	» 10	Quecksilber bei . .	360	—
Stabeisen bei . .	1500	» 13	destill. Wasser bei .	100	—

§. 6.

Die Verbreitung der Wärme.

Jedes Metallstäbchen, dessen eines Ende man in eine Flamme, etwa in die einer Spirituslampe, taucht, wird in Kurzem auch an dem andern Ende so heiß, daß wir es daselbst kaum zu berühren wagen; hingegen Holz und Papier, dem Feuer unter völlig gleichen Umständen ausgesetzt, jagen uns nimmer eine solche Furcht ein. Aehnliche Erscheinungen bieten sich uns bei der umgekehrten Temperatur der genannten Dinge dar. Kaum haben wir an einem strengen Wintertage vermittels unserer Finger ein Metallstäbchen erfaßt, so lassen wir es auch schon seiner bedeutenden Kälte wegen wieder fallen; nicht so machen wir es bei Holz und Papier, wenngleich beide Körper noch so lange einer recht eisigen Luft ausgesetzt gewesen sind. — Wisset!

1. **Diejenigen Körpertheilchen, welche im Feuer liegen, theilen die empfangene Wärme den zunächst angrenzenden, diese den nun folgenden Theilchen u. s. w. bis zu dem entferntesten Ende hin mit, und zwar bei irgend einem Metallstäbchen überaus schnell, bei Holz und Papier hingegen ungemein langsam.**

2. **Daß wir wol das Metallstäbchen, nicht aber auch Holz und Papier, wenn sie nämlich eiskalt geworden sind, fallen lassen, rührt davon her, daß ersteres sehr schnell, hingegen jeder der beiden letzten Körper nur ganz allmälig unserer Hand eine Menge Wärme entzieht.**

3. Welche andere Körper wir auch untersuchen mögen; immer werden wir finden, daß bei ihnen die Wärme bald, wie bei dem Metallstäbchen, bald, wie bei Holz und Papier, fortgeleitet wird. Körper ersterer Art heißen **gute**, Körper letzterer Art **schlechte** Wärme- oder Kälteleiter. Von einer scharfen Grenze ist freilich auch bei ihnen keine Rede.

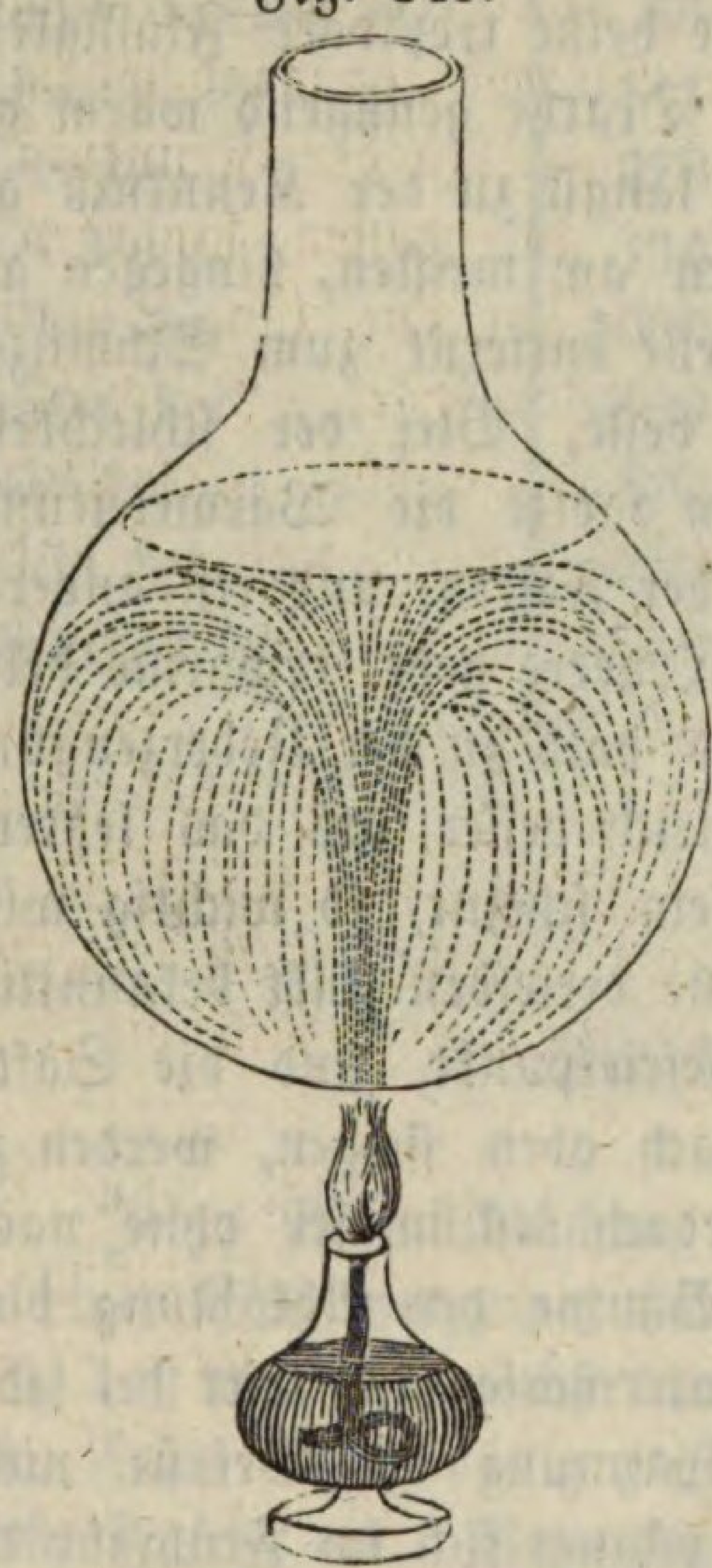
Außer den Metallen dürfte es wol nur noch einige gute Leiter geben. — Um zu erfahren, welcher der genannten Körper die Wärme am besten fortpflanzt, verschaffe man sich lange Dräthe von Gold, Silber, Kupfer, kurz von verschiedenem Metall, überziehe sie sehr gleichmäßig mit Wachs, halte sie, damit nicht etwa die aufsteigenden Dämpfe die Veränderung bewirken, genau in horizontaler Richtung und bringe ihr eines Ende in irgend eine heiße tropfbare Flüssigkeit. Offenbar schmilzt das Wachs überall da, wo die Dräthe genügend warm geworden sind. Das beschriebene Experiment hat uns längst zu der Kenntniß geführt, daß das Wachs auf dem silbernen Stäbchen am meisten, hingegen auf dem bleiernen am wenigsten weit von der Wärmequelle entfernt zum Schmilzen kommt, oder daß unter den Metallen Silber der beste, Blei der schlechteste Leiter ist. — Ganz eigenthümlich zeigt sich bei dem Holze die Wärmeleitung. Man schneide sich ein Stäbchen nach der Länge der Fasern, und ein anderes von demselben Baume so, daß der Schnitt in die Queere geht, erwärme beide an dem einen Ende gleichmäßig, und man wird bald zu der Ueberzeugung gelangen, daß das erstere Stäbchen die Wärme ungleich besser, als das letztere, fortpflanzt. So unbedeutend dieser Umstand zu sein scheint, so wichtig wird er für alle Bäume in der freien Natur. Die Wärme derselben sinkt bekanntlich während der harten Wintertage bis unter den Gefrierpunkt, und die Säfte, welche sonst in ihnen ununterbrochen von unten nach oben steigen, werden zu Eis. Eine solche Temperatur-Erniedrigung bleibt jedoch fast immer ohne nachtheilige Folgen. Indem nämlich das Innere der Bäume der Abkühlung blos vermittels einer Leitung queer gegen die Fibern unterworfen ist, tritt bei jeder Aenderung der Temperatur der Wechsel in der Spannung der Gefäße nicht plötzlich, sondern allmälig ein. Eben so langsam pflanzt sich im Frühjahr die zurückkehrende höhere Wärme fort. Wie aber gefrorne Aepfel, Kartoffeln u. s. w. ungleich weniger leiden, wenn wir sie in kaltem Wasser allmälig bis über den Frostpunkt warm werden lassen; so ist auch für unsere Bäume jene langsame Mittheilung der ansehnlichern Temperatur von unberechbarem Nutzen.

Hier habe ich ein Gefäß mit Wasser auf einem Dreifuße; ich mache Feuer unter denselben, und beobachte, in was für einem Grade die Wärme von unten nach oben hin zunimmt. Ich finde, in einem recht bedeutenden; denn kaum hat das Feuer den Boden des Gefäßes einige Minuten lang umspielt, so fühle ich selbst schon in den obersten Schichten die erhöhte Temperatur. Das Wasser ist endlich zum Kochen gebracht. So lege ich denn auf das Gefäß eine Eisplatte, welche wenigstens 3 bis 4 Zoll Dikke besitzt, und mache dadurch die neue Beobachtung, daß nur wenige Minuten erforderlich sind, sie in Wasser zu verwandeln. — Noch stelle ich einen dritten Versuch an. — In diesem Glasgefäße befindet sich fast eiskaltes Wasser; ich tauche nun ein Thermometer in dasselbe und beschenke letzteres mit einer Dekke von heißem Oele. Wie es dabei mit der Fortpflanzung der Wärme steht, zeigt insbesondere der Umstand, daß

ich die Thermometer-Kugel, ohne die geringste Temperatur-Erhöhung wahrzunehmen, fast bis in die Oelschicht bringen kann. Merket hierbei Folgendes!

»Warmes Wasser ist stets leichter, als kaltes. Erhitze ich daher Wasser (es könnte übrigens auch jede andere tropfbare Flüssigket sein) in einem Gefäße, wie gewöhnlich, von unten; so steigen die warm gewordenen Theilchen ununterbrochen in die Höhe, die obern kältern aber, und zwar ihrer bedeutendern Schwere wegen, in die Tiefe und veranlassen daher eine Circulation oder Kreisbewegung der Flüssigkeit. — Wer dies Alles recht klar sehen will, fülle das Wasser in eine Glaskugel (s. zugleich die nebenstehende 143ste Figur!) vermische es mit gepulvertem Bernsteine und erwärme es über einer Lampe, — und es wird ihm die Freude nicht fehl gehen, wiederholt wahrzunehmen, wie das Pulver sammt dem Wasser gerade über der Lampe emporsteigt, hingegen an den Seiten sich abwärts bewegt Auf die bezeichnete Weise erfolgt die Verbreitung der Wärme ziemlich schnell, und das Wasser erhält scheinbar die Eigenschaft eines guten Leiters. Wer jedoch erwägt, daß die Leitung ein Uebergang der Wärme von einem Theilchen zum andern ist, spricht gewiß, weil hier die erwärmten Theilchen selbst weitergehen, von keiner Leitung mehr, wol aber davon, daß die Wärme auch durch Strömung sich fortpflanzen kann. Das Wasser ist durchaus, wie überhaupt jede tropfbare Flüssigkeit, ein schlechter Leiter der Wärme. Um sich hiervon noch auf eine andere Weise zu überzeugen, lege man eine glühende Eisenplatte auf ein Gefäß mit kaltem und ein Stück Eis unter ein anderes mit siedendem Wasser. Der Erfolg überrascht. So lange wir auch auf dem ersten Gefäße die glühende Eisenplatte verweilen lassen; so bleibt doch immer die Wärme, welche das Wasser empfängt, sehr unbedeutend, ja sie dringt, wovon wir uns vermittels eines kleinen Loches in der Nähe des Bodens überzeugen können, bis zu den untern Schichten desselben gar nicht hin. Eben so wenig nimmt das Stück Eis an der Wärme des über ihm befindlichen kochenden Wassers Theil Zwar beginnt es hier und dort in den flüssigen Zustand überzugehen; allein es dürften selbst dann, wenn das Wasser seine Oberfläche unmittelbar berührte, Stunden vergehen, ehe die Auflösung in allen Theilen erfolgt wäre.

Fig. 143.



Denket euch ein Zimmer, vor dessen Wände Tapeten gestellt sind! Merkwürdig genug, bleiben die Luftschichten zwischen den genannten Gegenständen, so sehr auch in dem Zimmer selbst die Wärme zunehmen möge, stets kühl. Stellet euch ferner vor, daß über jenem Zimmer ein zweites sich befinde, und daß beide durch eine ziemlich große Oeffnung in der Dekke mit einander in Verbindung stehen! Ohne irgend eine andere Vorrichtung getroffen zu haben, nehmen wir, wenn in den Ofen des untern Zimmers stark eingeheizt wird, sehr

bald wahr, wie schnell sich die Wärme nach oben hin verbreitet, oder wie überaus gut sie von der Luft weiter getragen wird. Fallen die Sonnenstrahlen in ein eben gereinigtes, noch mit Staub erfülltes Zimmer; so sehen wir deutlich, wie die durch sie erwärmte Luft die Staubtheilchen emporträgt. Stets findet sich in einem geheizten Zimmer die wärmere Luft oben, die kältere unten. Der oben ausgesprochene Satz: »die tropfbaren Flüssigkeiten sind schlechte Wärmeleiter,« gilt mithin auch für die elastischen. Uebrigens verwechsele man auch bei diesen Körpern die eigentliche Leitung nicht mit der Verbreitung der Wärme durch Ströme.

Solche Körper, welche, wie die Metalle, zu den guten Leitern gehören, behalten die ihnen mitgetheilte Wärme nur kurze Zeit; alle übrigen, die, wie Holz, Papier u. dgl. m., eine andere Temperatur nur schwer annehmen, hingegen eine lange, d. h., sie geben dieselbe äußerst langsam wieder ab. Mit Rücksicht hierauf nennen wir jene Körper schlechte, diese gute Wärme- oder Kältebehalter.

Haare, Wolle und Federn sind sehr schlechte Wärmeleiter. So kann es uns denn nicht befremden, solche Vögel und Säugethiere, deren Heimath unter einem kalten Himmelsstriche liegt (ich erinnere an die Zobel, Eisbären, Möven, Eidergänse, Seidenschwänze u. s. w.), mit ihnen reich begabt zu sehen. Wolle, Leinwand und verschiedenes Pelzwerk, aus denen wir uns gewöhnlich die Kleider verfertigen lassen, leisten deshalb so gute Dienste, weil sie, als auch den schlechten Leitern angehörig, diejenige Wärme festhalten, welche durch die Lebens-Functionen entwikkelt wird. Dicht anliegende Kleider sind ferner nie so gut, als etwas abstehende. Die Ursache hiervon liegt in den Luftschichten, welche sich zwischen dem Leibe und den weiten Kleidern bilden. Auf der Kreisbewegung der Flüssigkeiten beruht die Heizung der Zimmer durch erhitztes Wasser. Man denke sich in dem Erdgeschosse irgend eines Gebäudes einen ringsum verschlossenen Kessel, ferner eine weite Röhre, die aus dem Dekkel desselben zu den obern Stockwerken führt; endlich mehrere andere Röhren, die von jener Hauptröhre aus durch die verschiedenen Zimmer wagerecht abgehen! Das im Kessel erwärmte Wasser steigt in der Hauptröhre empor und erhöht die Temperatur der Seitenröhren.

Daß die Zunge an eisernen Stäben, die einer großen Kälte ausgesetzt gewesen sind, leicht hängen bleibt; daß wir Wasserpumpen und junge Bäumchen, um sie vor dem Froste zu sichern, eben so, wie die Eiskeller, von denen wir die Wärme der Atmosphäre abhalten wollen, mit Stroh umwikkeln; daß ein sogenannter russischer Ofen, wenn anders seine dikken Lehmwände recht durchgeheizt sind, dem Zimmer viele Stunden lang Wärme mittheilt; daß ein Glas auf einem heißen Ofen nicht zerspringt, wenn wir ihm eine Papierunterlage gegeben haben; daß es unter Strohdächern im Sommer weniger warm, im Winter weniger kalt ist, als unter Ziegeldächern; daß der Schnee, frühzeitig, d. h. vor dem Eintritte strenger Wintertage, gefallen, der jungen Saat einen unberechbaren Nutzen gewährt; daß die Flamme eines brennenden Lichtes, welches wir an die Thür zwischen einem kalten und einem geheizten Zimmer bringen, oben in das kalte, hingegen unten in das warme Zimmer geweht wird (deshalb fühlen wir auch an den Füßen, wenn im Winter die Thür offen steht, einen kalten Zug); daß ein spiralförmig ausgeschnittener Streifen Papier,

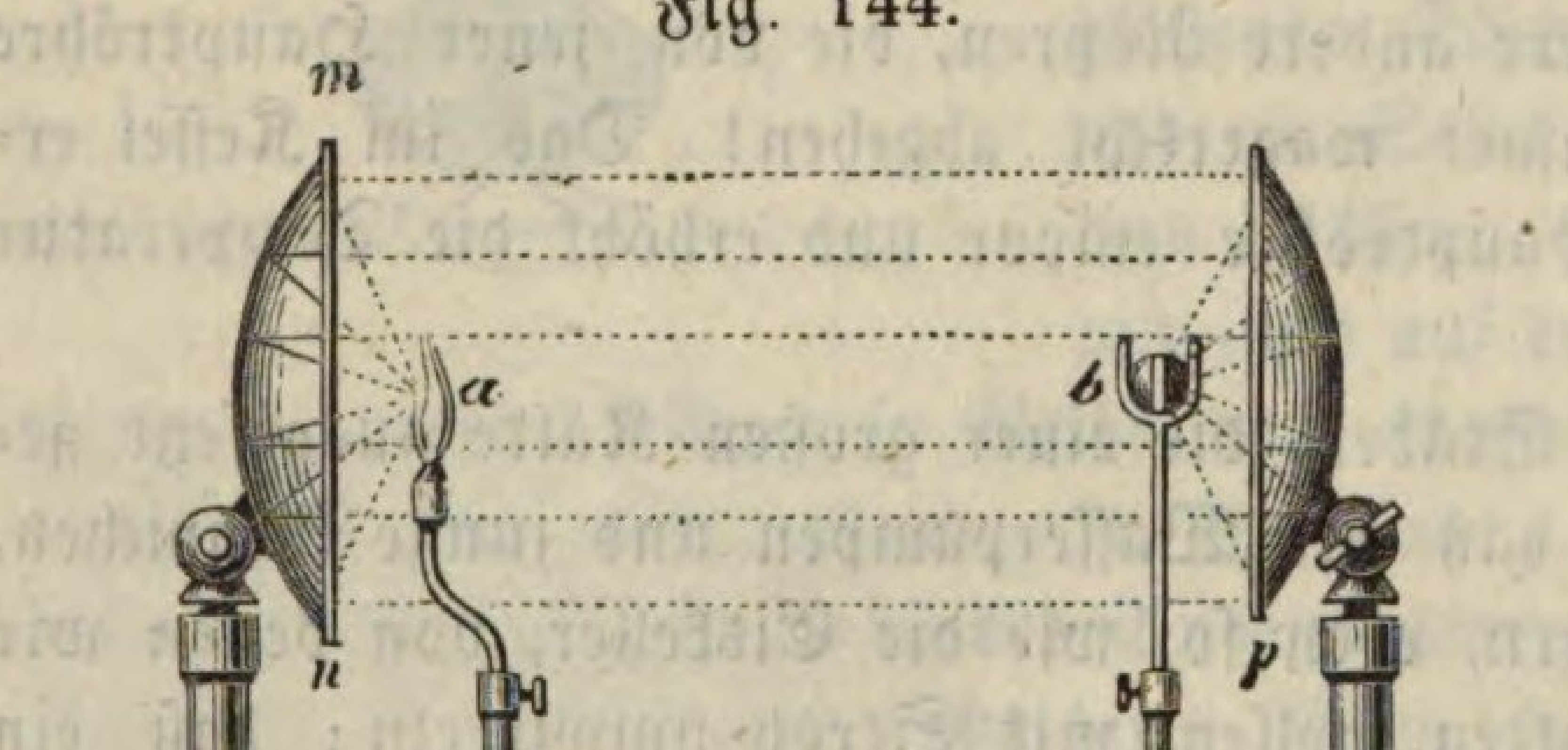
der auf die Spitze einer senkrecht befestigten Stricknadel gesteckt worden ist, in der Nähe eines warmen Ofens sich bald hebt, bald wieder senkt (das Spielwerk führt den Namen der tanzenden Schlange): alle diese und ihnen ähnliche Erscheinungen bedürfen nun wol, weil wir die guten und die schlechten Wärmeleiter kennen gelernt haben, keiner weitern Erklärung.

Die Hitze, welche unser Angesicht empfängt, wenn wir in der Nähe einer geöffneten Ofenthür das Feuer gerade vor uns haben, ist, wie bekannt, so stark, daß wir genöthigt werden, uns nach einer andern Seite hin zu wenden. Besonders dieser Umstand beweist aufs schlagendste die Strahlung der Wärme. Machen wir, anstatt uns umzukehren, die Ofenthür wieder zu, oder bringen wir zwischen das Feuer und unser Angesicht eine Glasplatte; so ist die Hitze augenblicklich verschwunden, und dadurch die Behauptung: »die Wärme sendet eben so, wie das Licht, ihre Strahlen aus," aufs neue bestätigt.

Was bis jetzt über die Strahlung der Wärme ermittelt worden ist, fasse ich in nachfolgende 5 Punkte zusammen:

»1. Die Wärmestrahlen, welche auf einen Körper fallen, werden theils durchgelassen, theils zurückgeworfen, theils eingesogen oder verschluckt.« — Als einen Körper, der sie eben so durchläßt, wie ein durchsichtiger die Strahlen des Lichtes, nenne ich euch hier beispielsweise das Steinsalz. Ihm mit Rücksicht hierauf grade entgegengesetzt ist fast jeder Körper mit vollkommener Undurchsichtigkeit. Kalkspath, Spiegelglas, Bergkristall u. s. w. verhalten sich, je nachdem ihnen die Strahlen etwa von siedendem Wasser, oder von erhitztem Kupfer zugeschickt werden, bald auf diese, bald auf jene Weise. — Ueber die Zurückwerfung der Wärmestrahlen führen 2 Hohlspiegel den besten Beweis. Man stelle sie in einer gegenseitigen Entfernung von 10 bis 12 Fuß so auf, daß ihre Achsen in eine gerade Linie fallen; bringe ferner in den Brennpunkt *a* (Fig. 144) des einen Spiegels *mn* eine Lichtflamme und in den Brennpunkt *b* des andern *op* Phosphor, Schwefel, überhaupt einen leicht brennbaren Körper, und man wird nicht lange warten dürfen, den letztern durch die bedeutende Hitze in *b* sich entzünden zu sehen. Die Lichtflamme in *a* sendet ihre Strahlen nach *mn*; von hier aus gehen sie mit der Achse parallel nach *op*; *op* endlich wirft sie in den Brennpunkt *b* zurück.

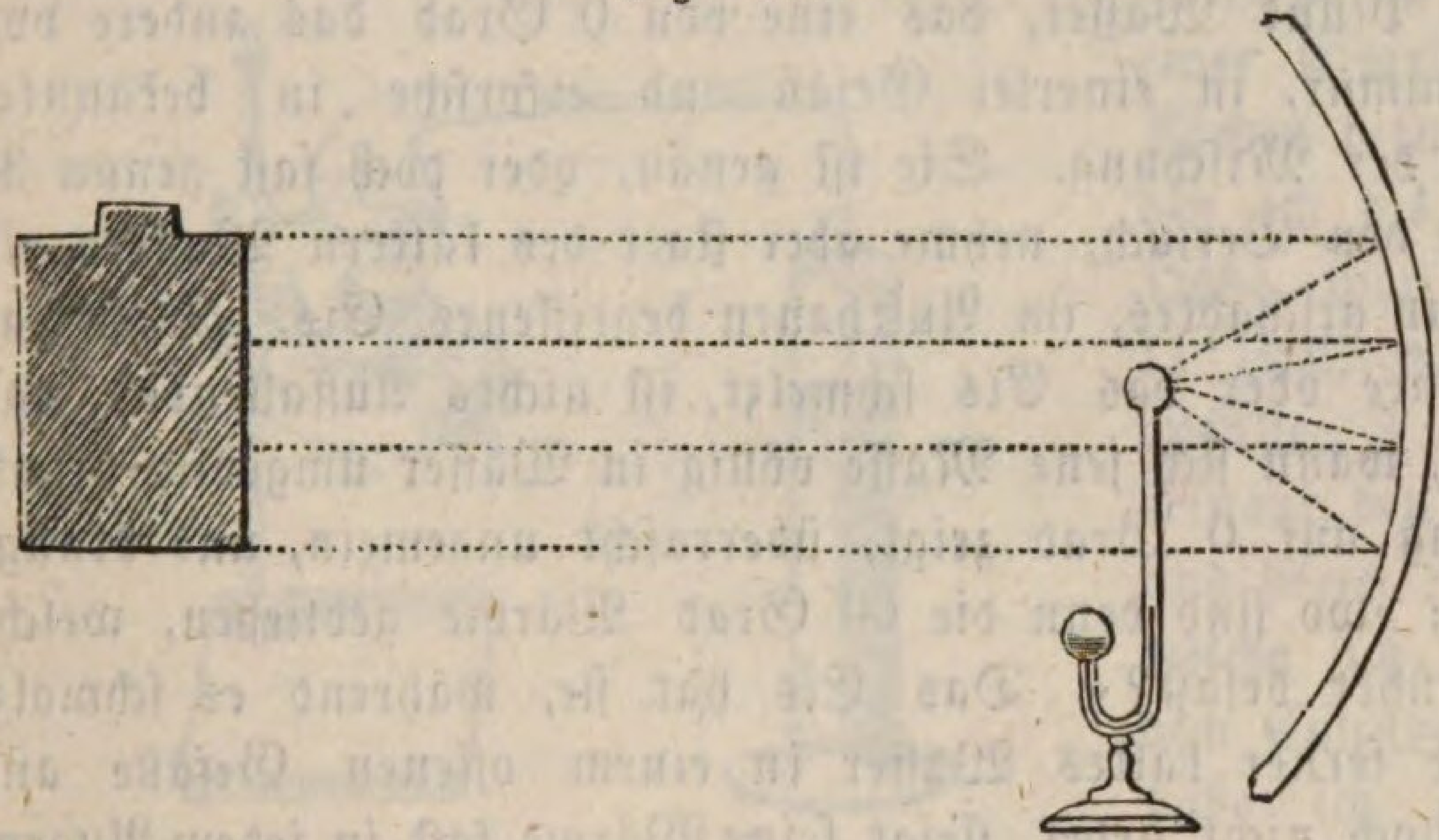
Fig. 144.



»2. Die Wärmemenge, welche ein Körper ausstrahlt, hängt nicht allein von seiner Temperatur, sondern auch von seiner Oberfläche ab.« — Einige Beweise für diese Behauptung haben wir schon früher geführt (ich erinnere an die beiden Töpfe, Metallplatten u. s. w., wie auch an das auf sie gegründete Erfahrungsgesetz: »hellfarbige und polirte Körper werden stets, weil ...«); wir machen deshalb blos noch einen, gewiß aber sehr interessanten Versuch. — Man betrachte zuvörderst

die 4 Seitenflächen dieses hohlen Würfels von Eisenblech! »ist nicht die eine Fläche polirt, die andere mit Glas bedeckt, die dritte matt geschliffen und die vierte rauh, eigentlich mit Ruß überzogen?« Man fülle ihn nun mit Wasser an, erhitze dasselbe vermittels einer Spirituslampe, stelle in einer gewissen Entfernung einen concaven Metallspiegel auf, ferner auf dessen Achse ein Luft-Thermometer, dessen obere Kugel genau mit dem Brennpunkte zusammenfällt, kurz Alles so, wie es das hier beigefügte Bild (Fig. 145) zeigt, und richte endlich jene 4 Seitenflächen in der Ordnung, in welcher sie beschrieben worden sind, gegen den Spiegel. Nur dann genießt man die Freude, bei jeder nachfolgenden neuen Fläche die Säule der gefärbten Flüssigkeit immer tiefer hinabgedrückt zu sehen. Die Ursache von dieser Erscheinung liegt nahe. Vorausgesetzt, daß irgend ein Körper möglichst viel Wärme ausstrahlen soll, gebe man ihm eine gut polirte Metall-Oberfläche. — So können uns denn fortan die vielen Zierrathen an unsern Stubenöfen, das frühere Kochen des Wassers in berußten Töpfen, die schnelle Abkühlung einer Bodenfläche, die reich mit Pflanzen bedeckt ist, u. s. w. fortan keine unerklärlichen Erscheinungen mehr sein.

Fig. 145.



»3. Die Wärmestrahlen sind der Brechung auf ähnliche Weise unterworfen, wie die Strahlen des Lichtes.« — Ich erinnere hierbei nur an die Brenngläser, welche die durchgelassenen Wärmestrahlen im Brennpunkte sammeln, und, wenn sie anders eine ziemlich bedeutende Größe besitzen, eine Hitze hervorbringen, die selbst das Glas in eine flüssige Masse verwandelt. Ein bestimmtes Brechungsgesetz kennen wir nicht; denn alle Versuche, durch welche man es zu finden hoffte, haben blos das Eine gelehrt, daß die Strahlen aus verschiedenen Wärmequellen auch verschieden stark gebrochen werden.

»4. Die Wärmestrahlen sind mit Rücksicht auf ihre Geschwindigkeit jedenfalls den Lichtstrahlen völlig gleich.« — Zwei große Hohlspiegel, auf 80 bis 100 Fuß einander so entgegengestellt, daß die Strahlen des einen Spiegels, welche mit seiner Achse parallel zurückgeworfen werden, auch den andern Spiegel mit dessen Achse parallel treffen, zeigen, daß, wenn wir eine sehr heiße, jedoch nicht mehr glühende Kugel in den Brennpunkt jenes Spiegels bringen, ein im Brennpunkte dieses stehendes Thermometer augenblicklich, da nämlich der zwischen sie gehaltene Schirm weggenommen wird, zu steigen beginnt.

»5. Die Wärmestrahlen verleihen der Luft, durch welche sie gehen, äußerst wenig, ja fast gar keine Wärme.« — Der oben er-

örterte Versuch, bei dem wir zwischen das Feuer und unser Angesicht eine Glastafel zu bringen haben, bestätigt diese letztere Behauptung; denn es verschwindet ja mit jedem neuen Erscheinen derselben die sonst unerträgliche Hitze augenblicklich. Uebrigens spricht für sie auch noch so manche andere, dem gewöhnlichen Leben angehörige Erscheinung.

§. 7.

Die Bindung und das Freiwerden der Wärme.

Hier gieße ich 2 Pfund Wasser, das eine von 0 Grad das andere von 60 Graden nach Réaumur, in einerlei Gefäß und erforsche in bekannter Weise die Temperatur der Mischung. Sie ist genau, oder doch fast genau 30 Grad. Ich wiederhole den Versuch, nehme aber statt des kältern Wassers ein Pfund Schnee, oder fein geschabtes, im Aufthauen begriffenes Eis. Daß das heiße Wasser den Schnee oder das Eis schmelzt, ist nichts Auffallendes; daß aber das Thermometer, wann sich jene Masse völlig in Wasser umgebildet hat, in der neuen Mischung auf 0 Grad zeigt, überrascht ungemein, und drängt uns zu der Frage hin: »wo sind denn die 60 Grad Wärme geblieben, welche das Pfund Wasser früher besaß?« Das Eis hat sie, während es schmolz, verzehrt. — Ich setze ferner kaltes Wasser in einem offenen Gefäße ans Feuer. So lange es noch nicht siedet, steigt seine Wärme fast in jedem Augenblikke; wie aber jener Zustand eingetreten ist, wird sie, wie das Thermometer gleichfalls zeigt, auch nicht im geringsten mehr erhöht. Alle neu hinzuströmende Wärme bewirkt von nun an weiter nichts, als eine Umbildung des Wassers in Dämpfe. Diesen ganz ähnliche Erscheinungen treten ein, wenn irgend ein fester Körper in einen tropfbarflüssigen, oder ein solcher in einen elastischflüssigen umgeschaffen wird. — Merket euch hierbei vorzüglich zweierlei!

»1. Bei dem Uebergange sowol aus dem festen in den tropfbarflüssigen, als auch aus diesem in den elastischflüssigen Zustand verschwindet eine gewisse Menge Wärme für unser Gefühl und das Thermometer.«

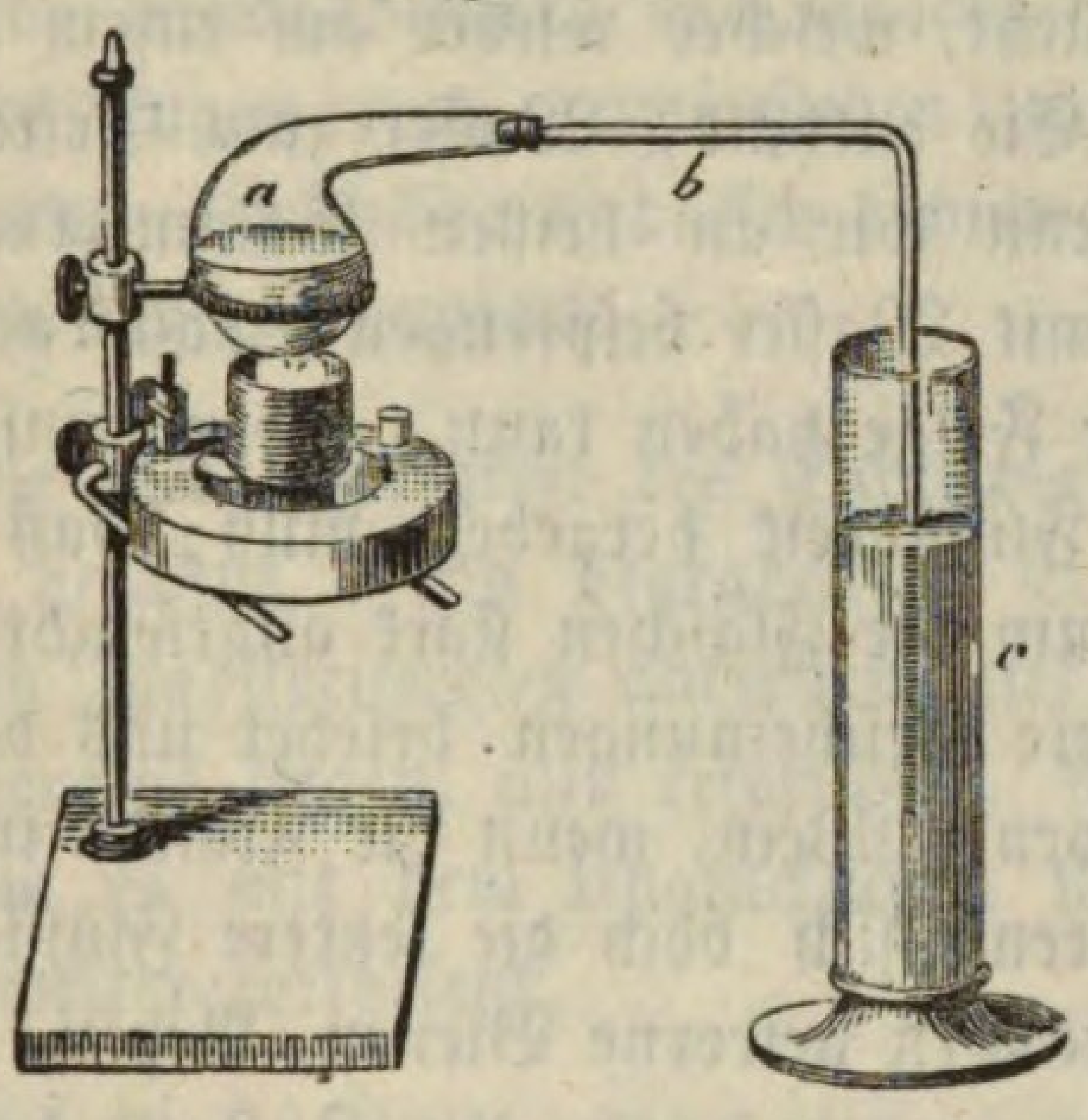
»2. Diese Wärme, von der wir so recht nicht wissen, wohin sie gekommen ist, heißt **latente** oder **gebundene** Wärme.«

Beschenke ich Wasser in einem offenen Gefäße mit einer Oeldekke und setze es an einem windstillen, recht kalten Wintertage vor das Fenster; so überrascht es mich schon, es, ohne daß es gefriert, bis zu 4, 6, ja 12 Grad nach Réaumur unter den Frostpunkt erkalten zu sehen: allein meine Verwunderung wird erst dann recht groß, wenn das Quecksilber in der Thermometerröhre, indem sich das Wasser durch Schütteln in Eis verwandelt, plötzlich bis zum Nullpunkte emporsteigt. Je schwächer übrigens der Luftdruck ist, den das zu erkaltende Wasser erleidet; desto besser gelingt auch dieses Experiment.*)

*) Wer Wasser in einer Glasröhre, die oben in eine feinen Spitze ausläuft, kochen läßt, und, wenn durch die Dämpfe fast alle Luft entfernt worden ist, die kleine Oeffnung zuschmilzt, wird, weil jene elastischen Flüssigkeiten bei niedrigen Temperaturen nur einen sehr geringen Druck ausüben, die obige Erscheinung unstreitig noch sicherer und schöner hervorrufen.

Die erörterte Erscheinung kann offenbar nur für eine Wirkung neu eintretender Wärme gelten. — Hier steht ein Gefäß mit Wasser von 0 Grad, neben ihm ein anderes, gleich großes, mit Wasser von 80 Graden nach Réaumur. Gieße ich nun das Wasser beider Gefäße unter einander, so zeigt mir mein Thermometer genau, oder doch fast genau, die mittlere Temperatur von 40 Graden an. Das Ergebniß wird wieder ein verschiedenes, wenn ich statt des kochenden Wassers Dämpfe von gleicher Hitze anwende. Ein Apparat, wie der hier abgebildete (Fig. 146), leistet mir dabei sehr erhebliche Dienste. Seine wichtigsten Theile sind: 1. das Glasgefäß *a*, in welchem ich vermittels einer Spirituslampe Wasser zum Kochen bringe; 2. der Cylinder *c*, den ich bis zu einer bestimmten Höhe, hier beispielsweise bis zu 11 Zoll, mit Wasser von 0 Grad anfülle; 3. die Glasröhre *b*, welche beinahe den Boden von *c* erreicht, und deren Zweck es ist, die Dämpfe, welche sich in *a* entwikkeln, nach dem Cylinder *c* zu leiten. Kaum habe ich nun angefangen, das Wasser in *a* zu erwärmen; so sehe ich auch schon, wie aus ihm eine Luftblase nach der andern in die Höhe steigt, und überzeuge mich zuletzt, daß diese Erscheinung bis zu dem Zeitpunkte fortdauert, da es ins Kochen geräth und seine Dämpfe nach *c* gelangen läßt. Letztere verdichten sich natürlich sofort, wie sie mit dem eiskalten Wasser in Berührung kommen, erwärmen dadurch dasselbe von Sekunde zu Sekunde mehr und versetzen es zuletzt auch in den siedenden Zustand. Weiter darf ich meinen Versuch nicht führen; ich entferne daher die Röhre *b*, und messe, nachdem die Umbildung aller Dämpfe erfolgt ist, wie hoch jetzt das Wasser in *c* steht. Ich finde anstatt 11 genau 13 Zoll. Wer hierbei erwägt: 1. daß die neu hinzugekommene Wassermenge zu der anfangs vorhandenen wie 2 zu 11 sich verhält; 2. daß sie aus *a* als Dampf von der Temperatur 80 Grad nach *c* übergegangen ist; 3. daß sie das eiskalte Wasser in *c*, ohne von ihrer eigenen Hitze selbst nur das Geringste zu verlieren, bis zum Kochen gebracht hat, kann keinen Augenblick mehr zweifeln, daß ein Pfund solcher Dämpfe ausreicht, 5½ Pfund Wasser von 0 Grad in den siedenden Zustand zu versetzen. — Da wir ähnliche Erscheinungen, wie bei dem Wasser und den aus ihm entwikkelten Dämpfen, auch bei andern tropfbar- und elastischflüssigen Körpern, wenn nämlich auch sie in einen gröbern Aggregat-Zustand übergehen, wahrnehmen; so müssen wir auch das nachfolgende Erfahrungsgesetz für richtig anerkennen:

Fig. 146.



»Bei dem Uebergange sowol aus dem elastisch- in den tropfbarflüssigen, als auch aus diesem in den festen Zustand tritt allezeit für unser Gefühl und das Thermometer eine gewisse Menge Wärme wieder hervor.«

Uebrigens wird auch dann Wärme frei, wenn irgend eine Flüssigkeit mit

irgend einem andern Körper eine feste Verbindung eingeht. Allein dadurch erklärt sich z. B die starke Erhitzung, welche stets erfolgt, wenn wir gebrannten Kalk mit Wasser übergießen.

Wer die beiden Erfahrungsgesetze kennt, besitzt zugleich den Schlüssel, mit Hülfe dessen er sich viele, oft gar wunderbare Erscheinungen enträthseln kann. — Daß es z. B. in einem warmen Zimmer schnell kalt wird, wenn entweder mehrere Menschen, an deren Schuhen Schnee oder Eis haftet, in dasselbe treten, oder, wenn Hemden, Schnupftücher u. dgl., um sie zu trocknen, in der Nähe des heißen Ofens aufgehängt werden; daß es ferner keine Zauberei ist, in einem zinnernen Teller, der auf einem andern steht, welcher wieder auf einem Kohlenbekken ruht und Schnee oder geschabtes Eis enthält, Wasser zum Gefrieren zu bringen *); daß Kühlung eintritt, wenn wir an heißen Sommertagen die Wände und den Fußboden der Stuben mit Wasser besprengen; daß das Anbehalten nasser Kleider eine Erkältung zur Folge haben kann, indem unser Körper die Wärme zur Verdampfung der Flüssigkeit hergeben muß; daß Wein, Wasser u. dgl. frisch bleiben, wenn wir um die Flaschen stark angefeuchtete Tücher legen: über diese und noch viel andere Erscheinungen belehrt uns das erste Gesetz. — Sehen wir ferner, daß gefrorner Wein, wenn die Flasche in kaltes Wasser zu stehen kommt, schmilzt, während sich doch die letztere Flüssigkeit in Eis verwandelt; daß unter gleichen Umständen gefrorne Birnen, Aepfel, Kartoffeln u. dgl. aufthauen; daß das Wasser, wenn es in den Zustand des Eises übergeht, selbst gut verstopfte metallene Gefäße auseinander treibt; daß bei strenger Kälte Bäume, in welche die Nässe gedrungen ist, unter einem heftigen Knalle bersten, ja zuweilen große Risse bekommen; daß der Dekkel eines Topfes, wenn die an ihm haftenden Dämpfe sich verdichten und zu Wasser umbilden, einen sehr hohen Grad der Hitze erreichen: so dürfen wir nur, um mit der Ursache zu allen diesen Erscheinungen vollkommen vertraut zu werden, jenes zweite Gesetz zu unserm Führer wählen.

Ich komme noch ein Mal auf gefrorne Kartoffeln, Aepfel und Birnen zurück. Setzen wir diese Dinge sogleich auf den Ofen, so fallen sie zusammen und werden gänzlich ungenießbar: lassen wir sie aber in kaltem Wasser sehr langsam bis über den Gefrierpunkt warm werden; so erfreuen sie uns bald wieder, ungeachtet sich jetzt um sie eine starke Eisrinde gebildet hat, durch ihren Wohlgeschmack. Eine ähnliche Bewandtniß hat es mit erfrornen Gliedern. Leider giebt es der Beispiele nur allzu viel, daß Aerzte solchen Personen, welche zu früh ans Feuer, oder zu irgend einem andern heißen Gegenstande geeilt waren, die erfrorenen Finger und Zehen, um in sie den Brand nicht einkehren zu lassen, abnehmen mußten.

Schließlich noch Einiges über die Behandlung der Erfrorenen. — Wenn Leute, die in einer solchen Erstarrung bereits drei Tage gelegen hatten, wieder zu sich selbst kamen; „sollten dann nicht um so eher andere, die schon nach we-

---

*) Zu Benares in Ostindien bereitet man sich auf künstliche Weise Eis, indem man flache, poröse Thongefäße mit Wasser die Nacht über in niedrigen, mit Zuckerrohr ausgelegten Gruben stehen läßt.

nigen Stunden gefunden werden, ins Leben zurückkehren?« Es wird freilich dazu erfordert, daß wir sie, wie einzelne erfrorne Glieder, allmälig warm werden lassen. So reibe man denn zuerst den aufgefundenen Unglücklichen tüchtig mit Schnee. Daß hierdurch eine Menge Kälte aus seinem Körper entweicht, sagt uns schon unser eigenes Gefühl, so wie uns dasselbe auch die erste Hoffnung giebt, den Erfrornen aller Wahrscheinlichkeit nach zu retten. Nach jenem ersten Geschäfte bringe man ihn entweder in ein kaltes Bett, oder bedekke ihn, jedoch stets so, daß sein Kopf frei bleibt, mit Stroh oder Mist. Die Wärme, welche ihm solche Dinge mittheilen, ist um einige Grade höher, als jene des sich in Wasser verwandelnden Schnee-es. Gewöhnlich schlägt der Erfrorne schon jetzt seine Augen zum neuen Leben auf. So gering die Mühe ist, welche die beschriebenen Geschäfte mit sich führen; so groß die Freude, wit der sie später den edlen Retter belohnt.

Die Wohlthätigkeit des Schnee-es in dem angegebenen Falle ist auch den Wilden bekannt. So begraben z. B. die Kanadier jeden Erfrornen, den sie auf ihren Jagdstreifereien antreffen, tief unter Schnee, lassen ihn hier eine ganze Nacht sorglos liegen, und erforschen, wenn's hoch kommt, am folgenden Morgen, wie es mit dem Unglücklichen steht. Dieser hat gewöhnlich seine Reise bereits weiter fortgesetzt.

Der Gewohnheit, Personen zu begraben, ehe die Kennzeichen des wirklich erfolgten Todes vorhanden sind, ist zwar jetzt durch weise Gesetze entgegengearbeitet; allein früher, als die Obrigkeit hierauf ihre Blikke noch nicht so gerichtet hatte, zog dieselbe gar oft die traurigsten Folgen nach sich. Gleich dem Schnee erwärmt offenbar auch das Grab allmälig den erfrornen Leib, und bringt den Unglücklichen, woran es, leider! nicht an Beispielen fehlt, wieder ins Leben zurück. Welches Erwachen! Wahrlich! kein menschlicher Mund vermag die furchtbare Folter zu schildern, auf welche der früher Erstarrte nun gespannt wird. —

Nachträglich noch Einiges über das Sieden und Verdunsten.

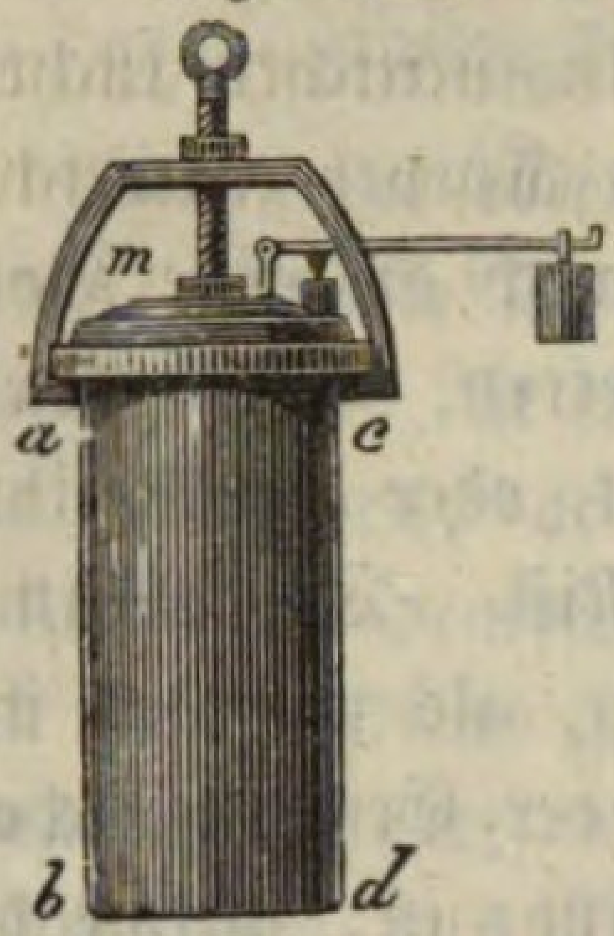
Hier habe ich einen gläsernen Ballon mit einem langen Halse, *a* (Fig. 144). Ich bringe ihn sofort in die aufrechte Stellung, fülle ihn etwa bis zur Hälfte mit Wasser an, und vertreibe aus ihm, indem ich letzteres mit Hülfe einer Spirituslampe ins Kochen versetze, alle Luft. Dann verschließe ich den Hals vermittels eines Korkes, *b*, und gebe dem Apparate diejenige Lage, welche er euch im Bilde zeigt. Das Auffallende besteht darin, daß das Wasser, sich allein überlassen, nicht weiter kocht, augenblicklich aber, da ich auf den oberen Theil anderes, möglichst kaltes Wasser gieße, in seinen vorigen Zustand zurückkehrt. Bevor ich auf die Ursache dieser gewiß recht eigenthümlichen Erscheinung eingehe, beschreibe ich euch den Papin'schen Topf (er wurde in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts von Papin, einem in Kassel und Marburg lebenden Gelehrten, erfunden), der zu einer Menge merkwürdiger Versuche gedient hat. Er besteht gewöhnlich aus einem verzinnten kupfernen Cylinder, *a b d c* (Fig. 145 [s. f. S.]), der einen starken Druck aushalten,

Fig. 144.



und einem Deckel, welcher jenen vermittels einer eisernen Schraube fest verschließen kann. Um sein Zerspringen zu verhüten, ist er, wie das hier beigefügte Bild gleichfalls zeigt, mit einem Sicherheits-Ventile versehen. Obgleich dem größten Feuer ausgesetzt, kocht das in ihm befindliche Wasser doch nicht; es übt nämlich auf dasselbe der Dampf, weil er nicht entweichen kann, einen zu bedeutenden Druck aus. Letzterer offenbart sich hauptsächlich bei der Oeffnung des Sicherheits-Ventils.

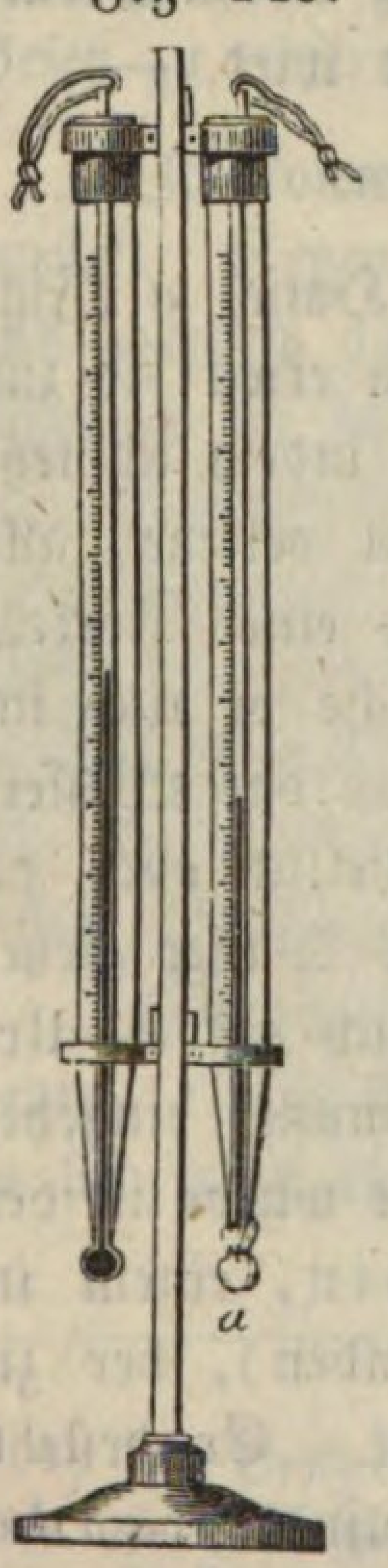
Fig. 148.



Der Papin'sche Topf hat uns insbesondere über zwei sehr wichtige Punkte in Kenntniß gesetzt: 1. über die mechanische Kraft, welche von den Dämpfen, und 2. über die auflösende, die von solchem Wasser, das über den Kochpunkt erhitzt worden ist, ausgeübt wird. Selbst die härtesten Knochen müssen in ihm auch ihren letzten nährenden Stoff fahren lassen, ja verwandeln sich zuweilen ganz in eine breiartige Masse. Ohne bei ihrem Geschirr eine ähnliche Vorrichtung getroffen zu haben, würden die Leute an manchen Oertern der Erde, wo nämlich das Wasser bei einer geringern Hitze in den siedenden Zustand übergeht (in Quito ist es schon bei 72 Graden nach Réaumur der Fall), gar nicht im Stande sein, diesem oder jenem Fleische u. dgl. die nöthige Weichheit zu verleihen. Ist doch selbst in unsern Gegenden der Deckel eines Topfes nicht selten von Wichtigkeit.

»Wie die Dämpfe an Hitze zunehmen, so auch an ihrer Spannkraft.« — Vielfachen Versuchen zufolge erhalten sie das Quecksilber im Dampf-Barometer (die Beschreibung dieses Instrumentes übergehe ich hier) bei 80 Graden nach Réaumur ganz so, wie der mittlere Druck der Atmosphäre, auf 28 Zoll; bei 98 Graden hingegen schon auf 2 . 28, bei 100 Graden auf 3 . 28 Zoll u. s. w., d. h. ihr Druck kommt dann der Kraft von 2,3 . . Atmosphären gleich. Die Dampfmaschinen werden uns später über dies Alles am besten belehren.

Fig. 149.



Um die Menge der Wasserdünste, welche die Luft enthält, nicht nur aufzufinden, sondern auch zu berechnen, gebrauchen wir bald dieses, bald jenes Instrument. Nur auf eins mache ich euch noch aufmerksam; ein anderes habt ihr schon früher, nämlich bei der ausdehnenden Kraft des Wassers, kennen gelernt. Das neue Instrument führt den Namen **Psychrometer** oder **Naßkältemesser**, und ist von **August**, einem Gelehrten in Berlin, erfunden worden. Zur Veranschaulichung desselben diene die 149ste Figur. Bei den beiden Thermometern, aus denen es besteht, und die auf einem hölzernen Gestell senkrecht neben einander hängen, kommt Alles darauf an, daß sie sehr genau gearbeitet sind, und daß die Kugel des **einen** Wärmemessers, *a*, mit Mousselin umhüllt und in ein mit Wasser angefülltes Schälchen getaucht ist. Die Verdunstung des Wassers erzeugt Kälte, ferner diese ein Sinken des Quecksilbers in dem betreffenden Instrumente. Vor-

ausgesetzt, die Luft, welche die Kugel *a* umgiebt, sei mit Dünsten vollkommen gesättigt; dann verharrt das Quecksilber in der über ihr befindlichen Röhre auf einerlei Stelle, und es bleibt mir blos noch übrig, die sogenannte Psychrometer-Differenz, d. h. den Unterschied der durch beide Thermometer angegebenen Temperatur, zu erforschen. Durch Letztere wird die Feuchtigkeit der Luft bestimmt. Der Erfahrungssatz, auf welchen sich das Psychrometer des Professors August gründet, lautet: je trockner die Luft ist, desto schneller verdunstet das Wasser, desto mehr sinkt aber auch die Temperatur seiner Umgebung herab.« Ein Instrument, wie das so eben beschriebene, zeigt uns am frühen Morgen ziemlich gewiß an, ob wir für den betreffenden Tag Regen oder schönes Wetter zu erwarten haben. Vielleicht noch besser, als August's Psychrometer zeigt uns Dies Daniell's Hygrometer an, das sich gleichfalls auf Verdunstung und Niederschlag gründet.

§. 8.

Einige besonders merkwürdige Naturerscheinungen.

a. Der Thau.

Der heiße, heitere Tag ist dahin, und wir gehen, um uns in der kühlen Abendluft zu erquikken, in Gottes freie Natur. Noch aber haben wir uns daselbst nicht lange aufgehalten; so nehmen wir auch schon wahr, daß die Gegenstände in unserer Nähe feucht werden; daß sich bald an der Unter-, bald an der Oberfläche derselben Wassertropfen erzeugen; ja daß von dieser Nässe weder die Blätter und Blüthen der Pflanzen, noch Steine, Bretter, Balken u. s. w., und zwar gleich viel, ob sie sich in einer größern, oder geringern Höhe befinden, verschont bleiben. Merket!

1. Die euch so eben angedeutete Lufterscheinung belegen wir mit dem Namen **Thau.**

2. Der Thau beginnt gewöhnlich an schattigen Oertern schon vor, an unbeschatteten erst nach dem Untergange der Sonne, dauert die ganze Nacht fort und verliert sich nach dem Anbruche des Morgens allmälig wieder; er tritt ferner gegen Mitternacht am schwächsten, gleich nach seinem Entstehen und um die Zeit des Sonnenaufganges am stärksten hervor; die beste Jahreszeit für ihn ist endlich der Sommer.

3. Einige Gegenstände nehmen die Nässe, welche er mit sich führt, in einem großen, andere nur in einem geringen Grade an; wie viel Thau zeigt sich beispielsweise auf Gras-, wie wenig auf Sandplätzen; wie viel auf gewöhnlichen Glas-, wie wenig auf polirten Metallplatten; wie viel auf tief und offen, wie wenig auf hoch und bedeckt daliegenden Körpern!

4. Der Thau ist nichts weiter, als Wasser, und zwar von derselben Beschaffenheit, wie es uns die Natur im Regen und Schnee liefert. — Während eines heißen Tages verdunstet das Wasser in Menge; ja die ganze Luft wird allmälig mit Dämpfen angefüllt. Bleibt nun der Himmel auch bei eintretender Nacht noch hell; so verlieren besonders die-

jenigen festen Körper, welche sich in der Nähe der Erd-Oberfläche befinden, durch die Strahlung gar viel von ihrer Wärme, erkälten die tiefern Luftschichten und bewirken den Thau. Bei bewölktem Himmel tritt ein solcher wässeriger Niederschlag nie ein; es verhindert nämlich die Wolkendekke jeden Körper, seine Wärme auszustrahlen. Weil endlich die Wärmestrahlung bei den verschiedenen Körpern auch in verschiedenem Grade vorkommt, so müssen wir den Thau bald in größerm, bald in geringerm Maße wahrnehmen. Die Luft übertrifft das bethaute Gras nicht selten um 4 bis 5, die bethauten Wollflöckchen und Schwanenfedern zuweilen sogar um 8 bis 9 Grad nach der hunderttheiligen Skala. Nimmt der Unterschied zwischen der Wärme der Luft und des Grases ab, was z. B. immer erfolgt, wann der Himmel sich bewölkt; so verliert sich auch der Thau allmälig wieder, und hört, sobald jene Differenz auf Null herabgesunken ist, gänzlich auf. »Wißt ihr nun auch, warum er sich um Mitternacht am schwächsten, kurz nach dem Unter- und dem Aufgange der Sonne am stärksten zeigt? und woher rührt wol ferner die Eintheilung desselben in Abend- und Morgenthau?«

5. Der Thau ist nicht nur eine nützliche, sondern auch eine prachtvolle Naturerscheinung. — Wie schön sieht es z. B. nicht aus, wenn wir an einem heitern Sommermorgen jedes Kraut, Kronenblättlein, alle Grashälmchen u. dgl. mit Thautropfen, in denen die Strahlen der Sonne sich tausendfach brechen und uns unter den lebhaftesten Farben des Regenbogens ins Auge fallen, übersät finden! Wohin wir zu dieser Zeit unsern Blick auch wenden mögen; überall strahlt uns der anmuthigste Glanz, das lieblichste Farbenspiel entgegen: die Pflanzen erscheinen wie neu belebt; ein erfrischender Duft, eine angenehme Kühle verbreitet sich um uns her u. s. w.

6. Noch giebt es eine Erscheinung, die dem Thau zwar etwas ähnlich, doch aber von ihm sehr verschieden ist. Ich meine den Honigthau. So heißt die klebrige Feuchtigkeit, mit welcher zuweilen die Blätter gewisser Bäume und Sträucher ganz überzogen sind, und von der wieder andere Körper, z. B. Steine, Balken, Bretter u. s. w., stets frei bleiben. Sorgfältigen Beobachtungen zufolge bringen die Pflanzen den Honigthau selbst hervor; wenigstens darf er für kein Erzeugniß der Luft angesehen werden. — Letzteres gilt auch von dem Mehlthau. Dieser besteht in einer klebrigen, mehlartigen Masse, beschränkt sich auf wenige Pflanzenarten und scheint einen krankhaften Zustand derselben anzudeuten. Bei dem Getreide hat er wahrscheinlich den Brand zur Folge. Da wir jedoch dem Getreidebrande dadurch vorbeugen können, daß wir das Saatkorn sorgfältig auswählen und den Akker mit Fleiß zubereiten; so dürfen wir auch den Mehlthau für kein Produkt der Atmosphäre halten. Er offenbart sich uns übrigens immer durch weiße Flekke auf den Blättern. Die zukkersüße Flüssigkeit, welche die Blattläuse aus zwei Warzen auf dem Ende ihres Hinterleibes fast ununterbrochen hervorträufeln, ist eingesogener Pflanzensaft, und führt gleichfalls, jedoch seltener, den Namen Honigthau.

Seid ihr anders mit der Entstehung des Thaues bekannt; so werdet ihr euch auch viele Erscheinungen, die mit ihm in inniger Verbindung stehen, zu erklären wissen. Nur auf einige derselben lenke ich eure Aufmerksamkeit. — Nie sind die jungen Pflänzchen dem Erfrieren mehr ausgesetzt, als in einer heitern, kalten Frühlingsnacht. Die Gärtner beschenken sie daher gegen Abend

mit einer leichten Dekke, und nur unter solchen Umständen behalten dieselben die ganze Wärme der sie umgebenden Luft. Hätten sie den freien Anblick des Himmels genießen müssen; so würden sie einen Theil ihrer Wärme ausgestrahlt haben, und, wie z. B. die unbedeckten Grashalme in ihrer Nähe, um 3 bis 4 Grade kälter geworden sein. — Wollt ihr euch ferner erklären, warum die Frühlings-Nachtfröste gewöhnlich auf Hügeln weniger nachtheilig einwirken, als in Ebenen; so nehmt nur die bekannte Erscheinung zu Hülfe, daß in einer heitern Nacht die niedern Luftschichten bedeutend abgekühlt werden, während sich die obern ziemlich warm erhalten. — Selbst die künstliche Eisbildung in Ostindien stimmt mit der Entstehung des Thaues überein. Nachdem nämlich die Leute jenes Landes auf irgend einer Ebene einige Vertiefungen gegraben haben, deren jede gegen 5 Fuß weit und etwa einen halben Fuß hoch ist, belegen sie dieselben mit Stroh oder Zukkerrohr und setzen zuletzt auf sie flache, aus unglasirtem Töpfergute bereitete, bis oben hin mit Wasser angefüllte Gefäße. Letztere gestatten zwar kein Durchfließen, doch aber ein solches Ausschwitzen, daß ihre äußere Fläche immer feucht bleibt. So gefriert denn endlich in einer heitern Nacht das Wasser bei einer Luftwärme von 4 bis 5 Graden nach der hunderttheiligen Skala. »Woher kommt es wol, daß ein kaltes Glas, welches wir in ein warmes Zimmer bringen, anläuft, und daß uns auch Fenster, die einem geheizten Zimmer angehören, dieselbe Erscheinung darbieten?«

b. Der Reif.

Ueber den Reif, diese gleichfalls sehr bekannte Naturerscheinung, präget euch nur das Wenige ein:

1. Er ist nichs anders, als gefrorner Thau. — Sind nämlich die Körper, auf welche die Wasserdämpfe niedergeschlagen werden, bis unter den Frostpunkt erkaltet; so verwandeln sich letztere, wann sie erstere berühren, in Eis und geben uns den Reif. So erscheinen denn aber auch Bäume, Dächer, hölzerne Brükken, offene Grasplätze u. s. w. nicht selten weiß, während auf Straßen, dem niedern, unbewachsenen Erdreiche u. dgl. kein Reif zu bemerken ist. Der Thautropfen fällt, wann er eine gewisse Schwere erreicht hat, zur Erde nieder; die Eisnadel hingegen haftet fest, und gestattet es auch, daß sich mit ihr eine zweite, dritte, vierte u. s. w. verbindet. Auf solche Weise erreicht der Reif zuweilen eine sehr bedeutende Schwere, so daß nicht nur die schwächern Zweige und Aeste, sondern selbst die stärkern Stämme der Bäume, letztere jedoch nur in der Nähe der Wipfel, zerbrechen. Dergleichen Erscheinungen bieten uns besonders die Nadelwälder dar. Kommt zu dem Reife noch Schnee, so wird das Zerbrechen allgemeiner, der Schaden beträchtlicher.

2. Der Spätherbst und der Anfang des Frühjahrs sind die Zeiten, da er sich am häufigsten zeigt; im Winter nehmen wir ihn nur dann zuweilen wahr, wenn der Erde das Schneegewand fehlt.

3. Hütet euch, den Reif mit dem Schnee, dem er in den meisten Stükken gleich kommt, zu verwechseln! — Ersterer besteht in feinen Eisnadeln und sitzt an den Grashalmen, den Zweigen der Bäume u. s. w. fest; letzterer ist fast dem Puder vergleichbar und liegt überall sehr lokker auf.

4. Mit dem Reife stehen das Beschlagen der Wände, das Gefrieren der Fensterscheiben und das Glatteis in Verbindung. — Wenn nach einem strengen, lange anhaltenden Froste die Luft plötzlich milder wird, erhalten zwar auch die Dämpfe, welche in ihr umherschwimmen, schnell genug eine höhere Temperatur; allein die kalten Wände sind für die neu eingetretene Wärme keinesweges so empfänglich, und bringen daher noch eine Zeitlang alle Wassertheilchen, die sich an sie legen, zum Gefrieren. Je dikker sie übrigens sind; desto schwerer geben sie im Frühlinge die während des Winters empfangene Kälte wieder ab. — Das Gefrieren der Fenster erfolgt auf dieselbe Weise. Stellet euch vor, eine Stube werde stark geheizt, und die Kälte in der freien Natur habe einen ziemlich hohen Grad erreicht! »müssen nicht unter solchen Umständen die Dämpfe des eingeschlossenen Raumes, wenn sie die bis zum Eispunkte erkalteten Fenster berühren, gefrieren?« Das ähnliche Beschlagen der Fenster auf deren äußerer Fläche kann nur eintreten, wann auf große Kälte plötzlich mildes Frühlingswetter folgt. Wie sich übrigens auf den Scheiben allerlei schöne Figuren bilden, wissen wir nicht; aller Wahrscheinlichkeit nach hängen sie von den Strömen der Luft-Elektricität ab. — Die Erscheinung des Glatteises bedarf hier kaum einer Erklärung. Da die Erde zu Ende des Winters gewöhnlich sehr kalt ist; so kann es nicht befremden, daß Regen, der zu dieser Zeit auf sie herabfällt, zu Eis wird.

c. Der Nebel.

Gleich dem Thau oder Reife, ist auch der Nebel eine bekannte Naturbegebenheit. »Wer z. B. hätte ihn nicht schon am Abende heißer Sommertage, ja zuweilen selbst noch in der Nacht, oder auch zu anderer Zeit, dann aber freilich nur bei plötzlich eintretender Kälte, über Flüssen, Teichen, See-en u. s. w. sich bilden sehen? wer ferner ihn noch nicht nach einem Regen in so manchen Wäldern, vorzugsweise aber auf Bergen, zu denen die kältere Luft freien Zutritt hat, wahrgenommen?« Nur die Nebel der Polargegenden, welche sehr häufig erscheinen und eine überraschende Dichtigkeit besitzen, sind uns unbekannt. Höret!

1. Durch das Kochen verwandelt sich jede tropfbare Flüssigkeit in Dampf. Letzterer bleibt dem Auge gewöhnlich verborgen; er erscheint ihm überhaupt nur dann, wenn er von der kalten Luft, in die er aufgestiegen ist, als sehr feine Wassertheilchen niedergeschlagen wird. Von seiner Quelle weiter entfernt, ist er, weil er sich dort in einen größern Raum ausbreiten, mithin in eine weniger dichte elastische Flüssigkeit umbilden kann, aufs neue unsichtbar. Eine dieser ganz ähnliche Erscheinung bietet uns jeder in kalte Luft ausgestoßene Hauch dar. Es müssen daher die Nebel nothwendig in zwei Fällen entstehen: 1. wenn von irgend einem Orte Dämpfe in eine kältere Luft übergehen; und 2. wenn eine mit Dämpfen angefüllte Luft die Oberfläche eines kältern Körpers berührt. Jener Ursache verdanken die Nebel ihr Dasein, welche ich euch zuerst bezeichnet habe. Während die über dem Boden abgekühlte Luft ganz nahe über das Wasser hingeführt wird, trifft sie bei dem letztern einen gesättigten, d. h. einen solchen Dampf an, dessen Dichtigkeit der Wärme der Wasser-Oberfläche entspricht. Diesen Dampf kühlt sie nun ab und erzeugt den Nebel. Auf ähnliche Weise entstehen fast alle Nebel in Wäldern;

ja, es haben zum Theil auch diejenigen Nebel, welche sich auf dem Meere bilden, denselben Ursprung. Daß aber auch dann Nebel erscheinen müssen, wenn eine mit Dämpfen reichlich begabte wärmere Luft an der Oberfläche irgend eines Körpers stark abgekühlt wird, zeigen die Nebel der Polargegenden, wo sich sämmtliche Dämpfe, welche aus wärmern Gegenden kommen, an der eisigen Oberfläche des Meeres plötzlich in feine Wassertheilchen verwandeln.

2. Enthalten die Nebel, wie es gewöhnlich der Fall ist, nur wässerige Theile; so können sie auf die Gesundheit höchstens dann nachtheilig einwirken, wenn sie allzu oft zurückkehren, uns also das wohlthätige Licht der Sonne immer aufs neue entziehen. Neblige Tage erheitern gerade nicht unser Gemüth. Für unbedingt schädlich sind nur solche Nebel zu erklären, die allerlei fremde Stoffe mit sich führen, zuweilen einen unangenehmen Geruch verbreiten, und sich durch einen üblen Reiz auf die Lunge, der gewöhnlich Husten verursacht, zu erkennen geben.

3. Eine ganz eigenthümliche Art Nebel ist unter den Benennungen: »Heer-, Heide-, Höhen-, Sonnenrauch und trokkener Nebel« bekannt. — Hat die Atmosphäre nicht ihre gewöhnliche Dichtigkeit; erscheinen ferner weit entlegene Gegenstände wie mit einem dünnen Schleier bedeckt; erhält endlich die Sonne, wann sie sich dem Horizonte nähert, ein dunkelrothes Aussehen, ja wird sie, ohne jedoch von einer eigentlichen Wolke verhüllt zu werden, vielleicht noch früher, als sie den Horizont erreicht, unsichtbar: so zeigt uns die Natur jenen besondern Nebel, der nicht, wie ein gewöhnlicher, feucht, sondern trokken ist. Einer der bedeutendsten Höhenrauche trat im Jahr 1783 ein. Derselbe währte vom Mai bis zum August, verbreitete sich über einen großen Theil Europa's und des atlantischen Meeres und schien mit dem Erdbrande auf Island und dem heftigen Erdbeben in Kalabrien in Verbindung zu stehen.

d. Die Wolken.

Der wichtigste, ja fast alleinige Unterschied zwischen den Nebeln und den Wolken beruht auf ihrer Entfernung von der Erd-Oberfläche. Ziehen sich nämlich die Dämpfe schon in den untern Luftschichten zusammen, so sprechen wir bekanntlich vom Nebel; thun sie Dies aber erst in den höhern, so legen wir ihnen den Namen Wolke bei. Besteiget nur einen hohen Berg, an oder auf dem sich eine Wolke gelagert hat! und ihr werdet eine ähnliche Feuchtigkeit fühlen, Haare, Kleider u. dgl. eben so naß finden, als wenn euch ein wirklicher Nebel umhüllte. Selbst in der Dichtigkeit der Dämpfe herrscht die größte Uebereinstimmung. Höret weiter!

1. So oft sich zwei Luftmengen, die an Wärme erheblich verschieden und von dem Punkte der größten Feuchtigkeit nicht zu weit entfernt sind, mit einander vermischen, schlägt sich Dampf nieder; so oft ferner andere, denen es gleichfalls an Feuchtigkeit nicht fehlt, an irgend einem hoch gelegenen Körper vorbeigehen, entstehen Wolken. Die Bildung solcher Wolken am Abende, welche sich anfangs nur an den Spitzen, später aber auch an den untern Theilen eines Berges zeigen, haben wahrscheinlich blos in dem zuletzt Angegebenen ihren Grund. Indem sich nämlich die Oberfläche des Berges mehr abkühlt, als diejenige Luftschicht, welche mit ihr in gleicher Höhe schwebt, müssen sich nothwen-

dig die Dämpfe dieser, wann sie über jene hinwegstreichen, zusammenziehen und dem Auge als Wolke sichtbar werden. Ganz Dasselbe tritt nicht selten auch am Tage ein. Ist bei der beschriebenen Art der Wolkenbildung die in gleicher Höhe befindliche Luftschicht noch warm genug, um die Dämpfe wieder in elastischer Gestalt aufzunehmen; so legen sich gewöhnlich an derjenigen Bergseite, welche dem Winde ausgesetzt ist, immer neue Wölkchen an und vereinigen sich allmälig nach oben hin mit der großen Wolke. Eine solche Erscheinung bietet dem beobachtenden Auge die entgegengesetzte Seite des Berges nie dar; dort reißt sich vielmehr von der Hauptwolke ein Theil nach dem andern los, und fast jeder derselben zerfließt wieder in einen elastischen Dampf. Warum uns die Wolken an und auf Bergen fast immer Regen zusenden, ist leicht zu enträthseln; denn sie bilden sich ja nur bei großer Feuchtigkeit der Luft.

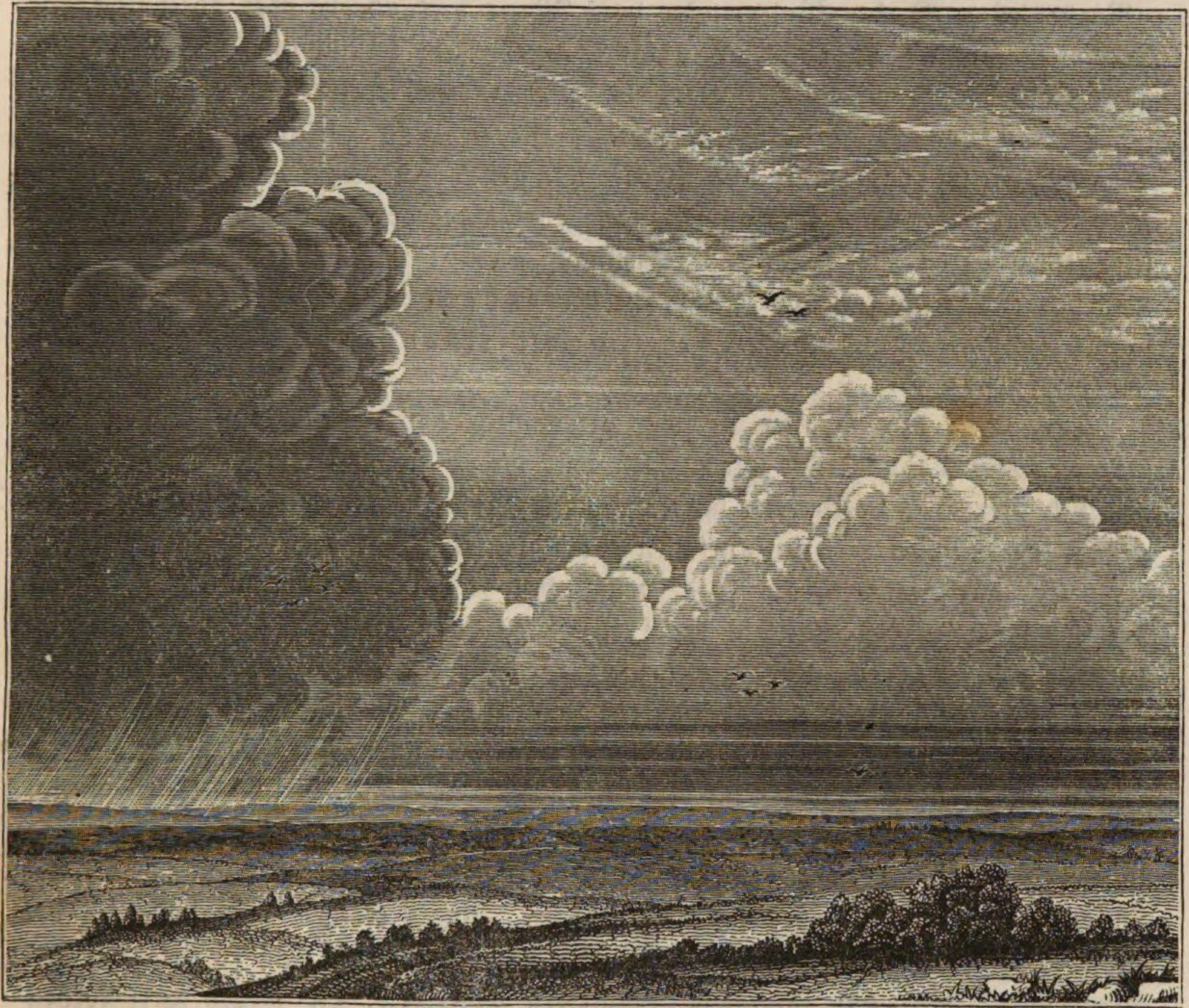
2. Schnee- und Eisberge bedekken sich vorzugsweise gern mit einem Wolkenkleide; auch bemerken wir bei recht veränderlichem Wetter nicht selten, daß der Himmel eben so schnell wieder heiter wird, als er sich vorher in weiße Wolken eingehüllt hat. Ein so plötzlich eintretender Wechsel erklärt sich am besten aus einem kalten Luftstrome, der zwar so lange, als er seiner bedeutenden Höhe wegen nicht genug Wassertheilchen findet, keine Wolke bilden kann, aber sogleich, wann er sich senkt und die zu solcher Zeit gewöhnlich warmen, sehr feuchten Luftschichten berührt, bald größere, bald kleinere Wolken niederschlägt. Die Schäfchenwolken, welche weiße, ganz dünne Wolken darstellen, in beträchtlicher Höhe sich befinden und oft einige Stunden unverändert bleiben, sind sehr wahrscheinlich Wirkungen eines wärmern Luftstromes, der sich über einen kältern hin ergießt. In der Regel zeigen sie warmes Wetter an. Ob sie wirklich, wie schon ältere Naturforscher vermuthet haben, aus feinen Schneenadeln bestehen, die dort oben ihrer Leichtigkeit wegen schwimmen können, dürften wir wol nie mit Gewißheit erfahren. Der Umstand, daß in ihnen nicht selten Nebensonnen erscheinen, hat jene Meinung ganz besonders veranlaßt.

3. Alle Wolken entstehen innerhalb des Luftkreises, gehen nie höher, als derselbe, ja erheben sich nicht einmal bis an dessen Grenze. Die besten Maßstäbe für ihre Höhe sind die Gebirge. Je dunkler sie aussehen, desto näher, je heller, desto ferner sind sie von uns. Die meisten Wolken übersteigen wol nie die Höhe von 6000 Fuß; daß es jedoch auch solche Wolken geben müsse, deren Abstand von der Erd-Oberfläche wenigstens eine geographische Meile beträgt, lehren die höchsten Gebirge Asiens und Amerika's, die jahrein, jahraus mit Schnee und Eis bedeckt sind.

4. Das Aussehen der Wolken ist ungemein verschieden. In der hier beigefügten 150sten Figur, welche wenigstens die Hauptarten vorstellt, sehen wir: *a*, oben rechts, also da, wo die beiden Vögel schweben, die Federwolken, welche nach schönem Wetter zuerst am Himmel erscheinen und aus sehr zarten Fasern zusammengesetzt sind; *b*, gerade unter jenen, die Haufenwolken, welche große, halbkugelige, dabei nicht selten höchst malerische Gruppen bilden (die kleinen, runden, weißen Wolken, über welche hinweg die Federwolken zu Haufenwolken werden, sind allgemein unter dem Namen Schäfchen bekannt); *c*, noch tiefer, also unter den Haufenwolken, die Schichtwolken, welche vorzugsweise bei Sonnenuntergange, und zwar stets in horizontalen

Streifen und mit außerordentlicher Farbenpracht, erscheinen; endlich *d*, links,

Fig. 150.



die eigentliche Regenwolke, welche aus streifigen Haufenwolken entsteht und oft den ganzen Horizont blauschwarz überzieht. —

e. Der Regen.

Die Eintheilung des Regens in Strich- und Landregen, in Staub- und Platzregen übergehe ich hier; es ist jedenfalls wichtiger zu wissen, wie er entsteht, und welche fremdartigen Stoffe sich nicht selten mit ihm vereinigen. So höret denn!

1. Ganz dieselben Ursachen, welche den Nebel und die Wolken erzeugen, bringen, wofern sie anders in einem etwas höhern Grade thätig sind, auch den Regen hervor. Nach dem gewöhnlichen Gange der Natur bildet sich zuerst eine kleine Wolke; diese vergrößert sich dann allmälig und nimmt eine immer mehr ins Dunkle übergehende Farbe an; zuletzt fallen, durch gewisse Umstände veranlaßt, die Wassertropfen herab. Etwas Aehnliches findet zuweilen bei dem Nebel Statt. Nimmt nämlich die in demselben enthaltene Feuchtigkeit zu; so gewahren wir auch bei ihm kleine Wassertropfen, die in Menge auf die Erd-Oberfläche niedergeschlagen werden. Auch ein solcher Regen, bei dem wir uns mitten in der Wolke umherbewegen, verdankt sein Entstehen nur einer Zersetzung

des Wasserdampfes in der Luft. Die Tropfen bilden sich wahrscheinlich schon da, wo dem Fortgange der Wolkenmassen irgend ein Hinderniß entgegentritt. »Regnet es z. B. bei Winden, die vom Meere herkommen, oder überhaupt mit Dämpfen reichlich angefüllt sind, nicht gerade sehr häufig an denjenigen Bergen, gegen welche die Wolken getrieben werden? und ergiebt sich denn aus dieser Betrachtung so mancher periodische Regen nicht gleichsam von selbst?« Platz-, Gewitterregen und Wolkenbrüche, bei denen jedenfalls die Elektricität eine bedeutende Rolle spielt, ausgenommen, genügt vielleicht für sämmtliche Regenarten die einfache Erklärung: »zwei ungleich warme Luftmengen, die von ihrem Sättigungszustande nicht allzu weit entfernt sind, geben, wann sie sich mit einander vermischen, einen Niederschlag.«

2. Das Regenwasser ist zwar gewöhnlich von reiner Beschaffenheit; allein es kommen doch auch solche Fälle vor, wo es fremdartige Stoffe in Menge mit sich führt. Als Beweis für die letztere Behauptung dürften einige der sogenannten Wunderregen anzunehmen sein. Zu ihnen gehören:

a) der Blutregen. — Gewiß hat schon Mancher auf den Blättern der Bäume, an den Wänden der Häuser, ja selbst an seiner eigenen Kleidung einzelne rothe Tropfen, und in stehenden Gewässern große Flächen von derselben Farbe bemerkt. Welchen reichen Stoff bieten dem Abergläubischen nicht allein diese Erscheinungen dar! Und doch geht auch bei ihnen Alles natürlich zu. — Wann der junge Schmetterling die Puppenhülle zerreißt, so läßt er gewöhnlich auf der alten Wohnstätte einige blutrothe Tropfen zurück. — Auch die Färbung in stehenden Gewässern, besonders in den Pfützen der Straßengräben, ist die Wirkung einer uns längst bekannten Ursache. Außer einigen Pflanzenarten, deren rother Wurzelsaft mit dem Wasser sich leicht vermischt, sind es die gemeinen Wasserflöhe, diese gar sonderbar gestalteten Thierchen, die wegen ihrer rothen Farbe, mikroskopischen Kleinheit, wie auch ihrer ungeheuren Menge, in der sie zu gewissen Zeiten jene Gewässer bewohnen, bei Unwissenden die Meinung, es habe Blut geregnet, veranlassen können. Indessen fehlt es uns auch nicht an Beispielen, daß der Regen selbst gefärbt herabgefallen ist. Ein solcher Fall ereignete sich unter andern im Jahre 1846 in Brüssel. Man kam jedoch sehr bald auf den hier richtigen Gedanken, die Erscheinung von Stoffen auf der Erde herzuleiten, welche sich in dem vorigen heißen Sommer verflüchtigt, in die Luft erhoben und mit dem Regen vermischt hätten. — Ein ähnliches Beispiel liefert die Geschichte unserer Tage. Am 2ten November 1819, Nachmittags zwischen 2 und 3 Uhr, fiel nämlich zu Blankenberg in Flandern ungefähr eine Viertelstunde lang ein ziemlich starker Regen von blutrother Farbe. Wie gewöhnlich, wurde auch er von vielen Einwohnern daselbst für einen wirklichen Blutregen und als eine Begebenheit von übler Vorbedeutung angesehen; allein die genauere Untersuchung lehrte, daß in ihm Salzsäure und Kobaltmetall enthalten waren. — Ein noch merkwürdigerer Fall ereignete sich am 14ten März 1813 an einigen Oertern Unter-Italiens. Dort wurden durch eine dunkle Wolke, welche zuletzt eine solche Finsterniß verursachte, daß man schon Nachmittags gegen 4 Uhr Licht anzünden mußte, nicht wenig Leute in Schrecken gesetzt. Dieselbe war anfangs blut-, später aber, gleich glühendem Eisen, feuerroth gefärbt. Endlich erfolgte, von Blitz und

Donner begleitet, ein röthlicher Regen, bei dem sich mit dem Wasser Kiesel- und Thonerde, Kalk, Eisen- und Kohlensäure vermischt hatten.

b) der Schwefelregen. — Gebet nur im Frühlinge wohl Acht, ob ihr nicht nach einem Platz- oder Gewitterregen, und zwar an Stellen, wo sich das Wasser gesammelt hat, eine gelbe Masse schwimmen seht! Letztere hält so mancher Unwissende für Schwefel und spricht daher auch allen Ernstes von einem Schwefelregen. Um euch zu überzeugen, daß sie nichts weniger, als Schwefel, ist, dürft ihr sie blos trocknen und dann anzünden; und ihr werdet weder die Flamme lebhaft und blau, noch den Geruch heftig und durchdringend finden. Woher sie übrigens kommt, ist keinem aufmerksamen Beobachter unbekannt. Wisset! es giebt gar viele Gewächse, z. B. Fichten, Kiefern, Erlen, Haselnüsse, Wachholdersträucher u. s. w., die, wenn ihr reicher, gelber Blüthenstaub durch einen Platzregen herausgeschlagen, dann zerstreut und vom Wasser an gewisse Stellen hingeführt wird, den eingebildeten Schwefelregen veranlassen können.

c) der Getreideregen — Um die Ursache auch dieses Wunderregens zu erfahren, richtet nur eure Augen auf die Schmirgel- oder Scharbocks-pflanzen, die im März und April ihre gelben, sechs- bis neunblättrigen Kronen entfalten und überall in Gärten, an Gräben, auf sumpfigen Wiesen u. s. w. in Menge angetroffen werden. Die Wurzeln derselben sind fast ganz von Erde entblößt, und gewöhnlich den Getreidekörnlein so ähnlich, wie ein Ei dem andern. Durch einen Platzregen abgespült, bei Sonnenschein wieder getrocknet und zur Zeit eines Wirbelwindes in die Lüfte getrieben, geben sie, auf die Erd-Oberfläche zurückfallend, den Regen, der das eingebildete Wundergetreide nicht selten viertel-, ja scheffelweise mit sich führt.

Wie es mit dem Blut-, dem Schwefel- und dem Getreideregen steht, so ähnlich mit dem Feuer-, dem Frosch- und so manchem andern Regen. Auch bei ihnen geht es natürlich zu. Kommt z. B. mit dem Wasser zugleich so viel elektrische Materie herab, daß die Tropfen leuchten; so habt ihr den Feuerregen. Jeder kennt ferner unsere muthigen, während der wärmern Monate allenthalben in Wäldern und Gärten, auf Wiesen und Feldern umherhüpfenden braunen Grasfrösche. Gerade sie sind es, welche besonders nach einem warmen Gewitterregen ihre Schlupfwinkel in großer Menge verlassen, und die Leute glauben machen, sie seien vom Himmel auf die Erde gefallen.

Ueber den Steinregen wird später das Wichtigste mitgetheilt werden.

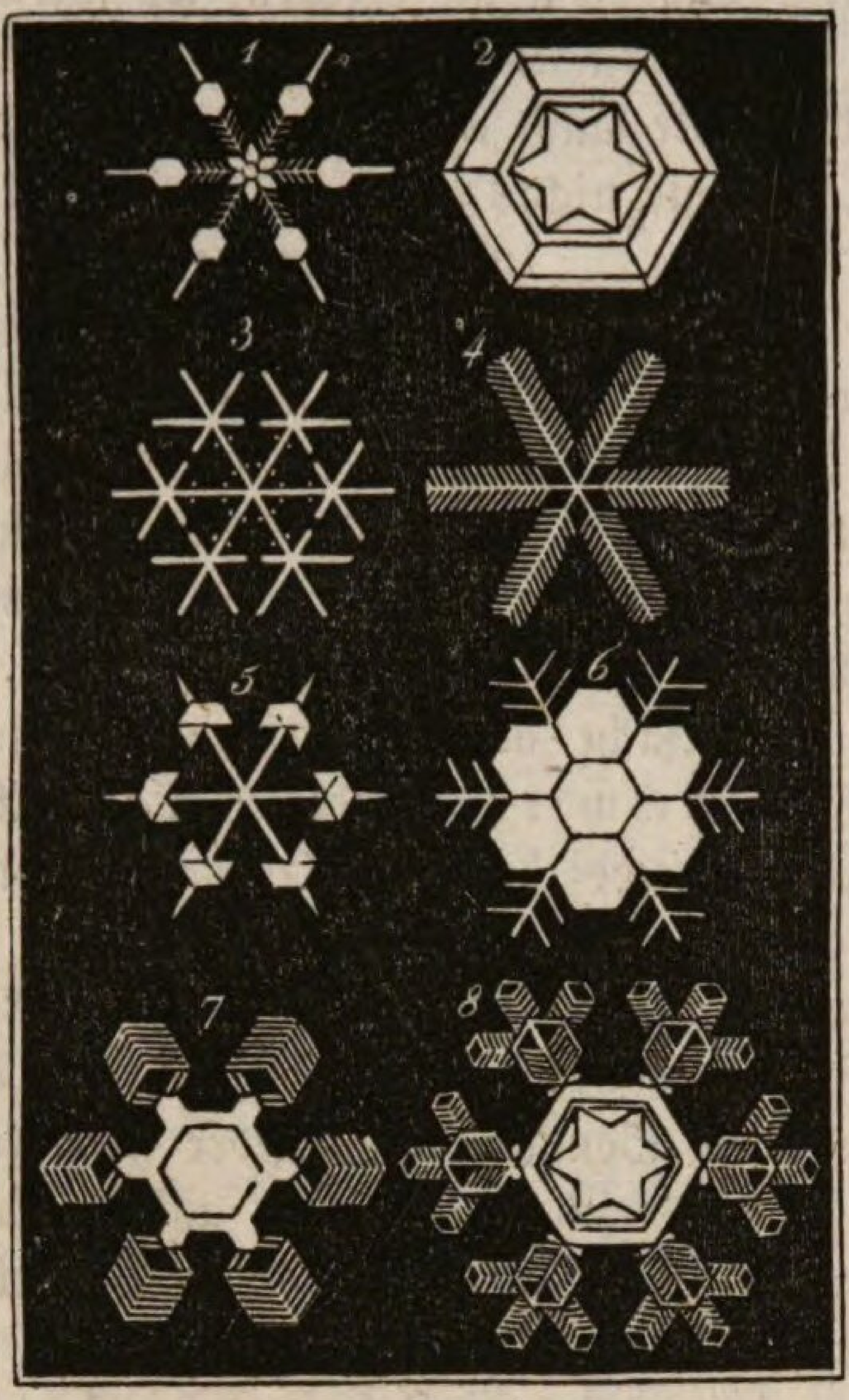
f. Der Schnee.

Aus einer Wolke, die den Regenwolken ähnlich sieht, auf die Erd-Oberfläche geschickt, zeigt der Schnee uns schon durch den Ort, wo er entsteht, seine nahe Verwandtschaft mit dem Regen an. Noch mehr thut er Dies bei seinem Uebergange in den tropfbarflüssigen Zustand. Achtet nur hier besonders auf folgende drei Punkte:

1. So unzählig die Flokken des Schnee-es sind, so unendlich viel Bemerkenswerthes bieten sie dar. Gesonnen, ihre verschiedenen, stets regelmäßigen Gestalten kennen zu lernen, dürft ihr sie nur bei strenger Kälte, da sie keine bedeutende Größe besitzen, auf schwarzem Papier oder Taffet auffangen. Schon ein oberflächlicher Blick wird euch dann mit ihrem strahligen Wesen bekannt

machen. Untersuchet ihr sie sorgfältiger; so kann es euch kaum entgehen, daß sie in der Regel so, wie ihr hier einige abgebildet findet (Fig. 151), aus sechs Strahlen bestehen, die in derselben Ebene liegen, gleich große Winkel und einen zierlichen, nicht genug zu bewundernden Stern bilden. Nur selten erscheinen sie in einer andern Gestalt. Die hohe Schönheit und endlose Mannigfaltigkeit mikroskopischer Gegenstände, welche das Thier- und das Pflanzenreich enthalten, wird durch die verschiedenen Formen, welche die Natur in den Schneeflokken ausgeprägt hat, vielleicht vollkommen aufgewogen, wo nicht noch übertroffen. Nirgends gewahren wir auch nur eine Figur, in der die Eisnadeln etwa borstenartig emporständen; es sind vielmehr auch hier die feinen Spitzen auf beiden Seiten der größern Nadeln mit eben der Regelmäßigkeit, die sich bei den zarten Theilen einer Federfahne offenbart, unter gleichen Winkeln neben einander gestellt. Das Sechsstrahlige und Sechsseitige, das bei aller Mannigfaltigkeit der Formen nicht zu verkennen ist, ruft nach allen Vermuthungen (Gewißheit herrscht auch hier nicht) die Elektricität hervor.

Fig. 151



2. Wie der Regen, erscheint auch der Schnee zuweilen roth gefärbt; ja auf den Alpen hat er fast immer diese Farbe. Ihr würdet jedoch irren, wenn ihr annehmen wolltet, der Schnee der Alpen besitze das beschriebene Aussehen bis zur Erd-Oberfläche hin; nein, schon in der geringen Tiefe von 2 bis 3 Zoll ist er vielmehr eben so weiß, wie in der Regel bei uns. Auch das Eis der Polarmeere ist gar oft mit rothem Schnee bedeckt. Erwäget nur hierbei, daß der Wind sehr leicht verschiedene rothe Stoffe auf hohe Gebirge wehen kann, und daß ferner eine Mövenart, die besonders auf den Polarmeeren in ungeheurer Menge lebt, einen röthlichen Koth von sich giebt!

3. Die Wohlthätigkeit des Schnee-es beruht fast allein auf seiner schlechten Wärme- oder Kälteleitung. Ach, wie unglücklich wären die Bewohner solcher Länder, die der Winter so ungemein hart und lange drückt, hätte sie der Schöpfer weniger reich mit Schnee bedacht! Nur unter ihm suchen sie fast immer vor der eisigen Kälte den nöthigen Schutz. Die Hütten der grönländischen Eskimo haben zwar eine Einfassung von Erde und Steinen und sind auch oben mit Steinen bedeckt; die beste Wärme jedoch verleihen nicht sie, sondern die Schneemassen, von denen sie eingehüllt werden. Die Wohnungen der Indianer in den nördlichsten Gegenden des Festlandes von Amerika bestehen blos in Gewölben von Schnee.

g. Der Hagel.

Ganz verschieden von dem Schnee erscheint der Hagel. Wir unterscheiden kleinern und größern Hagel: jener, den wir gewöhnlich Graupeln nennen, ist stets undurchsichtig, schneeweiß, meist rundlich und kaum von einer Linie Durchmesser; dieser, welcher in vielen Gegenden Schlossen heißt, besteht aus Eiskörnern, die gewöhnlich undurchsichtig, länglichrund oder fast birnförmig und von der Größe einer Haselnuß, eines Tauben-, ja Hühnereies sind. So mancher Hagel hält eine Stunde an, verwandelt den Tag in Nacht, und zerstört Alles, was von ihm getroffen wird. Besonders nachtheilig wirkt er auf das Pflanzenreich. Bevor er niederfällt, läßt sich gewöhnlich ein starkes Geräusch in der Luft hören, welches wahrscheinlich die auf einander treffenden Körner erzeugen.

Ueber die Entstehung des Hagels befinden wir uns noch immer in Ungewißheit; selbst die gelehrtesten Physiker kennen die Ursachen nicht, welche in der Luft plötzlich eine so gewaltige Kälte hervorrufen, daß selbst solche Eiskörner gebildet werden. Seine völlige Größe scheint der Hagel jedoch erst in den niedern Gegenden der Atmosphäre zu erlangen. Indem sich nämlich an ihm aus der warmen Luft, die mit Dämpfen reich begabt ist, Wasser niederschlägt, gefriert auch dieses, und macht so die Körner dikker, furchtbarer. Wie bei dem Schnee, ist jedenfalls auch bei der Bildung des Hagels die Elektricität in Thätigkeit. Hierfür spricht vielleicht nichts so sehr, als der Blitz und der Donner, welche fast immer die in Rede stehende Naturerscheinung begleiten.

Schon längst hat man über Mittel nachgedacht, die den Ausbruch des Hagels verhindern, oder wenigstens nicht so furchtbar eintreten lassen. Leider sind nur alle diese Bemühungen erfolglos geblieben! Auch die sogenannten Hagelableiter entsprechen ihrem Zwecke nicht. So wurden z. B. in der Nacht vom 22sten zum 23sten Juli 1826 gerade diejenigen Weinberge des Waadtlandes, welche mit ihnen aufs beste versehen waren, durch Hagel verwüstet, während doch andere, die keine hatten und in der Nähe jener sich befanden, unversehrt blieben. Die Hagelableiter bestehen aus aufgerichteten Stangen, an die Strohseile geknüpft sind.

§. 9.

Die spezifische oder eigenthümliche Wärme.

In dem Gefäße zu meiner Linken befindet sich ein Pfund Wasser von 24, in dem zu meiner Rechten ein Pfund derselben Flüssigkeit von 72 Graden. Ich gieße sofort beide Pfund Wasser in ein größeres Gefäß und erforsche vermittels meines Wärmemessers die Temperatur der Mischung. Letztere ist genau, oder doch fast genau 48 Grade. Anstatt des Wassers von 24 Graden nehme ich bei Wiederholung meines Geschäfts Terpentinöl von gleicher Wärme und demselben Gewicht und gieße es auf ähnliche Weise mit einem Pfunde Wasser von 72 Graden zusammen. Aller Sorgfalt ungeachtet, die ich dem Versuche gewidmet habe, erhalte ich doch nicht, wie vorhin, die Mitte zwischen beiden Temperaturen, sondern die erhöhte Wärme von 56 Graden. — Hier ist ein Pfund Was-

ser von 0 Grad, hier ein anderes von 36 Graden. Was gewiß auch ihr erwartet habt, erfolgt; das Thermometer zeigt uns nämlich in der Mischung gegen 18 Grade an. Das Resultat wird wieder ein anderes, wenn ich beispielsweise 1 Pfund Eisen von 36 Graden in 1 Pfund Wasser von 0 Grad tauche. Obgleich keine Wärme entwichen ist, steht jetzt das Quecksilber doch nur 4 Grade über dem Gefrierpunkte. Wie auffallend! Als ich Wasser und Oel mit einander mischte, erhielt ich 8 Grade Wärme zu viel; als ich aber Eisen in Wasser tauchte, 14 Grade zu wenig. Fänden hier, wie bei den im vorigen Paragraphen angestellten Experimenten, Veränderungen im Aggregat-Zustande der Körper Statt; so könntet ihr die Ursache in der Bindung und Entbindung der Wärme suchen. Jenes ist aber nicht der Fall. Vielleicht führt euch ein dritter Versuch zu der hier obwaltenden Ursache.

In das eine derjenigen Gefäße, welche ich zu meinem neuen Experimente brauche, und die, was ihr wohl beachten müßt, einerlei Beschaffenheit haben, gieße ich Wasser, in das andere aber Terpentinöl von demselben Gewicht und gleicher Temperatur. Hierauf hebe ich sie beide auf einen Dreifuß und erwärme sie durch möglichst gleichmäßige Weingeistflammen. Um stets zu wissen, in welchem Grade das Wasser und das Terpentinöl an Wärme zugenommen haben, setze ich ein Thermometer in jedes Gefäß. Das Hauptergebniß meines Versuchs besteht nun darin, daß die Wärme des Terpentinöls höher steigt, als die Wärme des Wassers; ja daß ein Pfund Wasser wol zwei Flammen bedarf, um in derselben Zeit eben so heiß zu werden, wie ein Pfund Terpentinöl, bei dem wir nur **eine Flamme** unterhalten. — Höret weiter!

Bei meinem ersten Versuche verlor das Wasser 16, das Oel hingegen gewann 32 Grade; bei meinem zweiten Versuche konnten die 32 Grade Wärme, welche dem Eisen durch das Eintauchen in Wasser entzogen worden waren, die Temperatur dieser Flüssigkeit nur um 4 Grade erhöhen; bei meinem dritten Versuche nahm die Wärme des Terpentinöls, verglichen mit der gesteigerten Wärme des Wassers unter völlig gleichen Umständen, um das Doppelte zu. Fassen wir nun die Resultate sämmtlicher Experimente zusammen, und erwägen wir zugleich, daß sich auch bei andern Gegenständen ähnliche Verschiedenheiten zeigen; so können wir es unmöglich bezweifeln, daß Körper von ungleicher materieller Beschaffenheit, wenngleich sie nach dem Thermometer gleiche Temperatur haben, doch sehr ungleiche Mengen wirklicher Wärme enthalten. Mit Rücksicht darauf legen wir jedem Körper eine eigenthümliche Empfänglichkeit für den Wärmestoff bei, oder wir sprechen über seine spezifische Wärme-Capacität. »Welcher Körper besitzt nun wol weniger spezifische Wärme, Oel oder Wasser?« offenbar der erstere; denn dieser erhitzt sich unter sonst völlig gleichen Umständen, d. h. bei gleichem Gewicht und gleich viel zugeführtem Wärmestoffe, doppelt so sehr, als der letztere. Eben so tritt die spezifische Wärme des Eisens weit hinter die gleichnamige des Wassers zurück. Zufolge des obigen Versuches erfordert Wasser gerade acht Mal so viel Wärme, wenn es mit der Temperatur des Eisens gleichen Schritt halten soll. Noch auffallender erscheint folgende Wärme-Differenz. Mische ich ein Pfund Quecksilber mit einem Pfunde Wasser, und rühre dann beide Flüssigkeiten durch einander; so sehe ich, während die Gleichheit in der

Temperatur hergestellt wird, das Quecksilber um 33 Grade sich erwärmen, das Wasser hingegen blos um 1 Grad sich abkühlen. Die Wärme-Capacitäten des Wassers und des Quecksilbers stehen folglich in dem Verhältnisse, wie 33 zu 1. Als Maß für die Wärme-Capacität, oder, mit andern Worten ausgedrückt, für das Vermögen der Körper, die Wärme zu binden, ist ein für alle Mal die eigenthümliche Wärme des Wassers festgesetzt. »Wie können wir nun wol mit Rücksicht hierauf die Wärme-Capacität des Terpentinöls, des Eisens und des Quecksilbers bezeichnen?« mit $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{33}$, oder mit 0,5, 0,125 und 0,0303....

Außer dem Mittel, dessen ich mich bei jedem meiner Versuche bedient habe, giebt es noch so manches andere, das mich die Wärme-Capacität irgend eines Körpers bald mehr, bald weniger schnell finden läßt. Nur auf zwei lenke ich hier eure Aufmerksamkeit.

Bei dem ersten Mittel erforsche ich möglichst genau, welche Menge Eis oder Schnee ein bis zu einer gewissen Temperatur erhitzter Körper schmelzen kann. Der Apparat besteht aus drei metallnen Gefäßen, die in einander stecken, und von denen das kleinste Gefäß aus Drath geflochten und zur Aufnahme des zu prüfenden Körpers bestimmt ist. Wichtig sind ferner der äußere und der innere Raum, welche sie zwischen sich lassen: jener wird, um von dem Körper im Drathgeflechte jede Einwirkung der atmosphärischen Wärme abzuhalten, mit einer Menge Schnee oder fein geschabtem Eise von 0 Grad ausgefüllt; die Füllung des äußern Raumes hat keinen andern Zweck, als von dem Schnee oder Eise im innern Raume die Einwirkung der atmosphärischen Wärme abzuhalten. Selbst den Deckel des Apparates belegt man aus dem letztern Grunde mit Eis. Sobald der zu prüfende Körper bis auf 0 Grad erkaltet ist, öffnet man den Hahn, der zum zweiten Gefäße oder dem innern Zwischenraume führt, fängt alles herauslaufende Wasser sorgfältig auf und schließt nun aus der Menge dieses auf die Wärme-Capacität jenes Körpers. Von großer Genauigkeit ist freilich hierbei nicht die Rede.

Das zweite Mittel berücksichtigt die Zeit, welche gleichmäßig erhitzte Körper gebrauchen, um ihre Temperatur bis zu einem gewissen Grade hin zu erniedrigen. Es stellt hauptsächlich ein gut polirtes, silbernes Gefäß dar. Bei dem Versuche selbst begabt man letzteres sowol mit dem zu prüfenden Körper, als auch zur Beobachtung der Temperatur mit einem Wärmemesser. Ist anders der Satz: »die eigenthümlichen Wärmemengen zweier Körper verhalten sich zu einander, wie die Zeiten, deren dieselben zu ihrer Erkaltung bedürfen,« richtig, woran wir übrigens kaum zweifeln dürfen; so entspricht dieses zweite Mittel seinem Zwecke besser, als jenes erste.

Genauen Versuchen zufolge, die Einige hierüber angestellt haben, beträgt die spezifische Wärme des Goldes etwa $\frac{1}{32}$, des Silbers $\frac{1}{18}$, des Kupfers $\frac{1}{10}$, des Eisens $\frac{1}{8}$, des Glases $\frac{1}{5}$, der atmosphärischen Luft $\frac{1}{4}$, der Schwefelsäure $\frac{1}{3}$, der Salpetersäure $\frac{2}{3}$, des Lein- und des Terpentinöls $\frac{1}{2}$, des Wasserdampfes $\frac{4}{5}$, des Wassers, als des zur Einheit angenommenen Körpers, 1, des Wasserstoff-Gases über 3 u. s. w. —

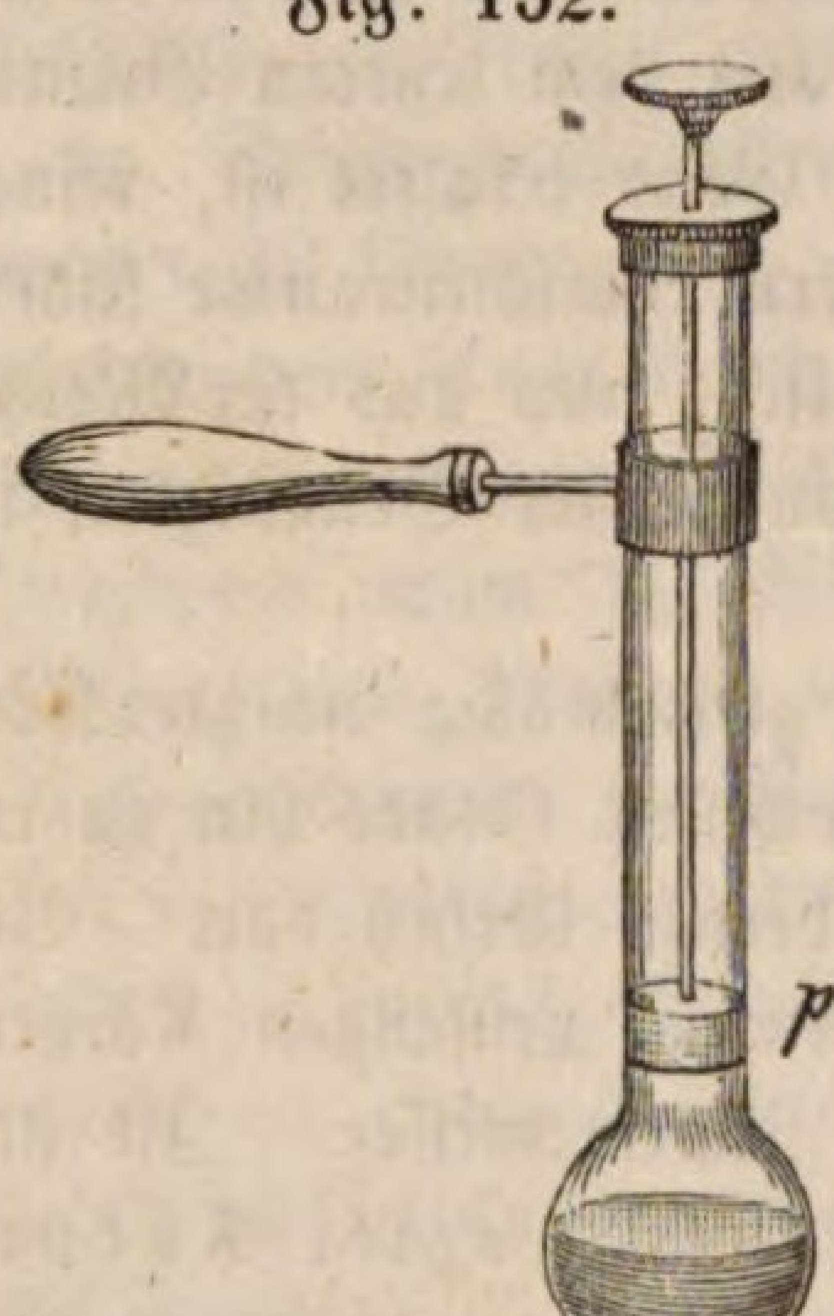
§. 10.

Die Dampfmaschinen.

Die Dampfmaschinen sind der Stolz und der Gipfel unserer heutigen Mechanik. Nun habe ich euch zwar diese Wunderdinge schon früher genannt; allein es ist bisher weder von ihrer Kraft, welche sie durch die Elasticität des Wasserdampfes erhalten, und deren wir aufs vollkommenste Meister sind, noch von dem ungeheuren Aufschwunge, dessen sich durch sie der Verkehr und die Industrie in der neuesten Zeit erfreuen, die Rede gewesen. Ueber Beides möge euch das Nachfolgende belehren.

Die ersten wichtigen Versuche über die Ausdehnung der Wasserdämpfe hat Samuel Moreland angestellt, dessen Wirksamkeit hauptsächlich in das letzte Viertel des siebzehnten Jahrhunderts fällt. Seinen Beobachtungen und Berechnungen zufolge nehmen die Dämpfe einen 2000 Mal größern Raum ein, als das Wasser, aus dem sie entstanden sind. Einem andern Denker jener Zeit, Dionysius Papin, verdanken wir die wirklichen, aber freilich noch sehr unvollkommenen Anfänge einer Dampfmaschine. Derselbe gebrauchte bei seinen Experimenten einen Cylinder, der aus Gußeisen verfertigt war, mehrere Fuß Durchmesser und auch eine dem Ganzen entsprechende Höhe hatte, und in welchem ein Kolben, der die Wand überall luftdicht berührte, auf und nieder bewegt wurde. Das Spiel dieses Apparates veranschauliche euch die 152ste Figur! Die Röhre ist ungefähr 1 Zoll weit und an ihrem untern Ende mit einer Kugel, die etwas Wasser enthält, versehen; der Kolben, *p*, mit Werg umwikkelt, und noch außerdem, um der Luft zwischen sich und der Röhre keinen Durchgang zu gestatten, mit Fett überstrichen. Stellet euch nun vor, es befinde sich Letzterer so eben an dem untern Ende der Röhre, und es werde das Wasser in der Kugel in den Zustand des Kochens versetzt! »muß er dann nicht kraft der entwikkelten Dämpfe in die Höhe gehen?« Denket euch ferner, man tauche die Kugel, nachdem er oben angekommen ist, in kaltes Wasser, verdichte also die Dämpfe und erzeuge dadurch in dem Cylinder einen verdünnten Raum! »was könnte nun wol Anderes eintreten, als daß er, auf dessen oberer Fläche der Druck der atmosphärischen Luft lastet, wieder nach unten hin sich begiebt?« Jede neue Erwärmung der Kugel treibt ihn nach oben, jede neue Erkältung derselben ruft ihn gleichsam zur Basis der Röhre zurück. So ist es denn klar, daß Papin, der seine Experimente ganz in der beschriebenen Art angestellt hat, die erste Dampfmaschine mit atmosphärischem Drukke schuf, d. h. eine solche, bei der die Dämpfe, weil jener die eigentlich wirkende Kraft war, sie aber nur die nöthige Leere erzeugen sollten, noch eine untergeordnete Rolle spielten. Wie übrigens selbst eine so einfache Vorrichtung zum Emporheben verschiedener Lasten geeignet ist, indem ja blos das Seil, an welches man letztere befestigt hat,

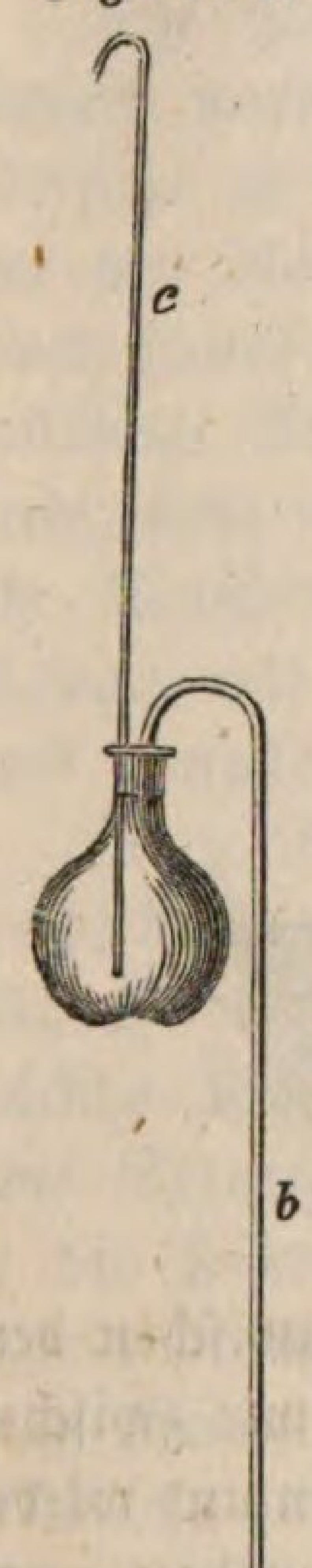
Fig. 152.



über eine Rolle gezogen und mit der Mitte des Kolbens *p* verbunden werden darf, liegt offen vor uns da; ich habe daher nicht nöthig, euch hierüber selbst nur im geringsten zu belehren.

Die erste praktisch angewandte Dampfmaschine verfertigte im Jahre 1688 (Andere geben das Jahr 1698 an) Hauptmann Savary, und machte dem Volke in seiner Schrift: »der Freund des Bergmannes,« ihre Einrichtung bekannt. Daß es möglich sei: 1. kraft der Dämpfe Wasser über dessen frühern Spiegel zu erheben, hatte schon im Jahre 1615 ein gewisser Salomon de Caus in einem seiner Werke aus einander gesetzt; und 2. mittels derselben einen leeren, mindestens sehr verdünnten Raum, indem man sie ja nur zu verdichten braucht, zu erzeugen, war durch Papin's Versuche schlagend nachgewiesen worden. Hauptmann Savary benutzte Beides. Um euch zu zeigen, in welcher Art er Dies gethan hat, verweise ich euch auf einen Apparat, dessen Bild ihr nebenan erblickt (Fig. 153). Beachtet nur bei ihm: 1. das Gefäß *a*, welches zum Theil mit Wasser angefüllt und durch einen Kork verschlossen ist; 2. die Röhre *b*, welche nur durch den Kork geht, also nicht weiter ins Gefäß hinabreicht, oben sich krümmt und dann in gerader Richtung nach unten fortläuft; 3. die Röhre *c*, die vertikal aufsteigt, ganz oben etwas gebogen ist und fast die Basis des Gefäßes erreicht. Sämmtliche drei Theile bestehen aus Glas. Bei dem Versuche selbst verschließt man zuvörderst die Röhre *c* und theilt dem Wasser im Gefäße vermittels einer Spirituslampe die Siedhitze mit. In dem Augenblikke, da es zu kochen beginnt, entwikkeln sich Dämpfe; diese steigen in die Höhe, entweichen durch die Röhre *b*, und nehmen alle Luft, welche sie auf ihrem Wege antreffen, mit sich fort. Hierauf taucht man das untere Ende der Röhre *b* in Wasser und entfernt die Spirituslampe vom Gefäße *a*. Sogleich fangen die Dämpfe in *a* sich zu verdichten an; das Wasser in *b* steigt, weil der Druck von oben her geringer wird, allmälig höher und ergießt sich endlich in das Gefäß *a*. Zuletzt verstopft man durch einen Kork das untere Ende der Röhre *b*, öffnet die Röhre *c* und bringt von Neuem unter *a* die Spirituslampe. Indem nun die Dämpfe, welche sich in dem obern Theile des Gefäßes bilden, nicht entweichen können, drükken sie mit Kraft auf den Spiegel des Wassers und bewirken dadurch, daß letzteres in der Röhre *c* steigt und zuletzt oben ausfließt. Gesonnen, aus der Tiefe mittels *b*, des Sauge-, und *c*, des Steigerohrs, immer mehr Wasser fortzuschaffen, hat man nur nöthig, das Gefäß *a* abwechselnd zu erkalten und zu erwärmen.

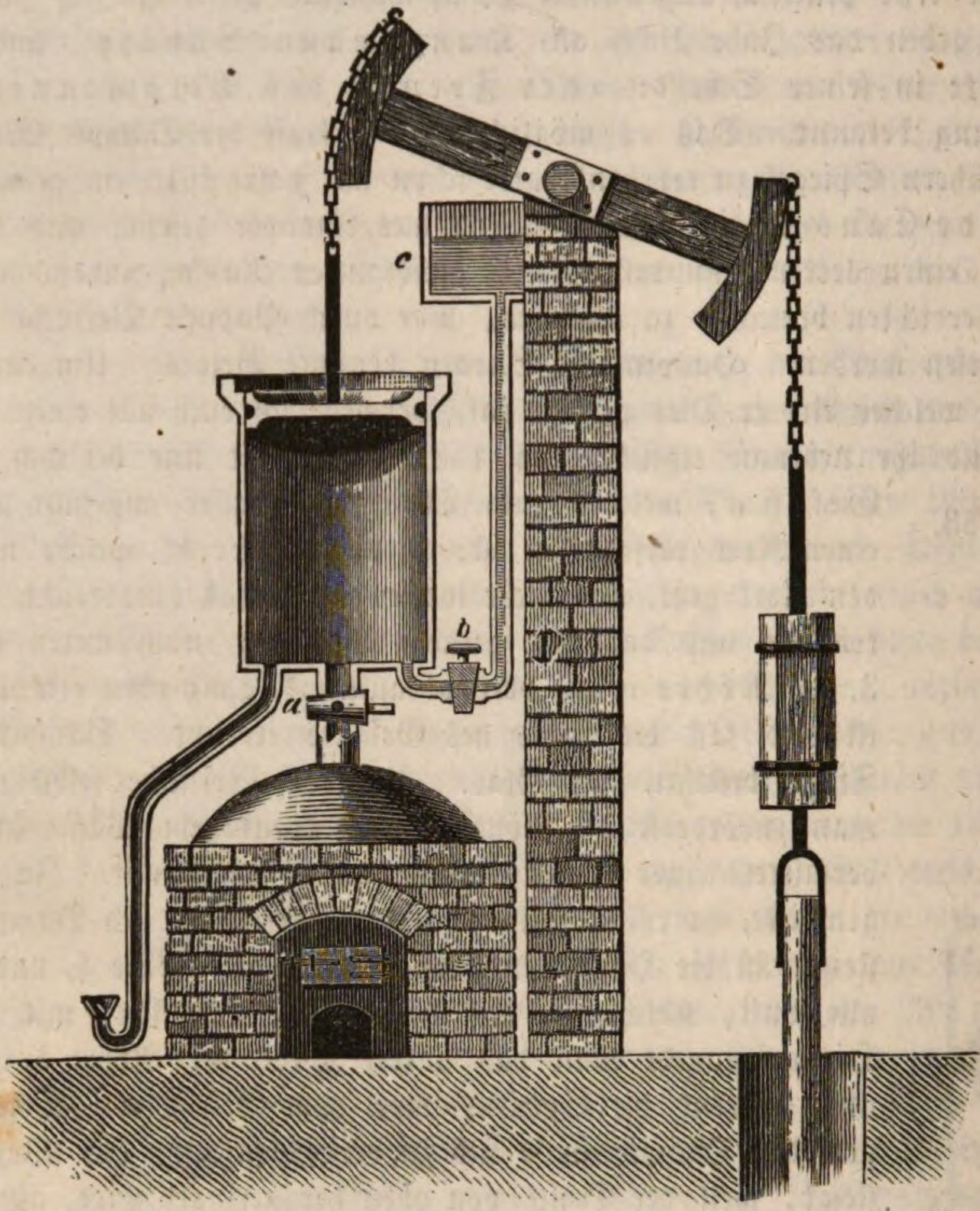
Fig. 153.



Der Umstand, daß Savary's Maschine zur Fortschaffung der Grubenwasser nicht ausreichte, veranlaßte Newcomen, auch einen Engländer, zum Bau einer jener zwar ähnlichen, allein ungleich zweckmäßigern Maschine zu schreiten. Und sehet! gerade diese Maschine enthält, so wenig Neues sie sonst darbietet, die Grundform aller spätern Dampfmaschinen und ist auch lange Zeit mit nicht geringem Vortheile angewandt worden. Zeiget nun, bevor ich euch sage, in welcher Art sie arbeitete, in dem Bilde, welches euch Figur 155 (s. f. S.) vorhält, 1. den Kessel, bei dem unter der Basis alle Züge, damit er recht

gleichmäßig erwärmt werde, spiralförmig umherlaufen; 2. **den Cylinder**, in welchem sich ein Kolben luftdicht auf und nieder bewegt (letzterer hat in

Fig. 154.



der Zeichnung gerade die höchste Stelle erreicht); 3. **die Röhre** zwischen dem Kessel und dem Cylinder; 4. **den Hahn** *a*, mit Hülfe dessen wir zwischen den beiden ersten Haupttheilen die Verbindung beliebig unterbrechen und wieder herstellen können; 5. **das Gefäß** *c*, welches immer Wasser enthält, und durch eine Röhre mit dem Cylinder, in dessen Basis sie mündet, zusammenhängt; 6. **den Hahn** *b*, der zwischen *c* und dem Cylinder eben so dasteht, als der Hahn *a* mit Rücksicht auf diesen Haupttheil und den Kessel der Maschine; 7. **den Balancier** oder **den großen Wagebalken**, dessen eine Kette an dem Kolben des Cylinders und dessen andere an einer Pumpenstange befestigt ist; endlich 8. **die Röhre** *f*, deren unteres Ende in ein Gefäß mit Wasser taucht und ein nur nach außen hin sich öffnendes Ventil besitzt. — Wie der im Kessel entwikkelte Dampf den Kolben hebt; wie ferner, nachdem *a* geschlossen, *b* aber geöffnet worden ist, kaltes Wasser aus *c* ins Innere des Kolbens tritt; wie endlich, wann das letztere die Dämpfe im Cylinder verdichtet, dort also einen möglichst leeren Raum erzeugt hat, der größere Druck der Atmosphäre den Kolben niedertreibt: dies Alles bedarf hier, weil aus der

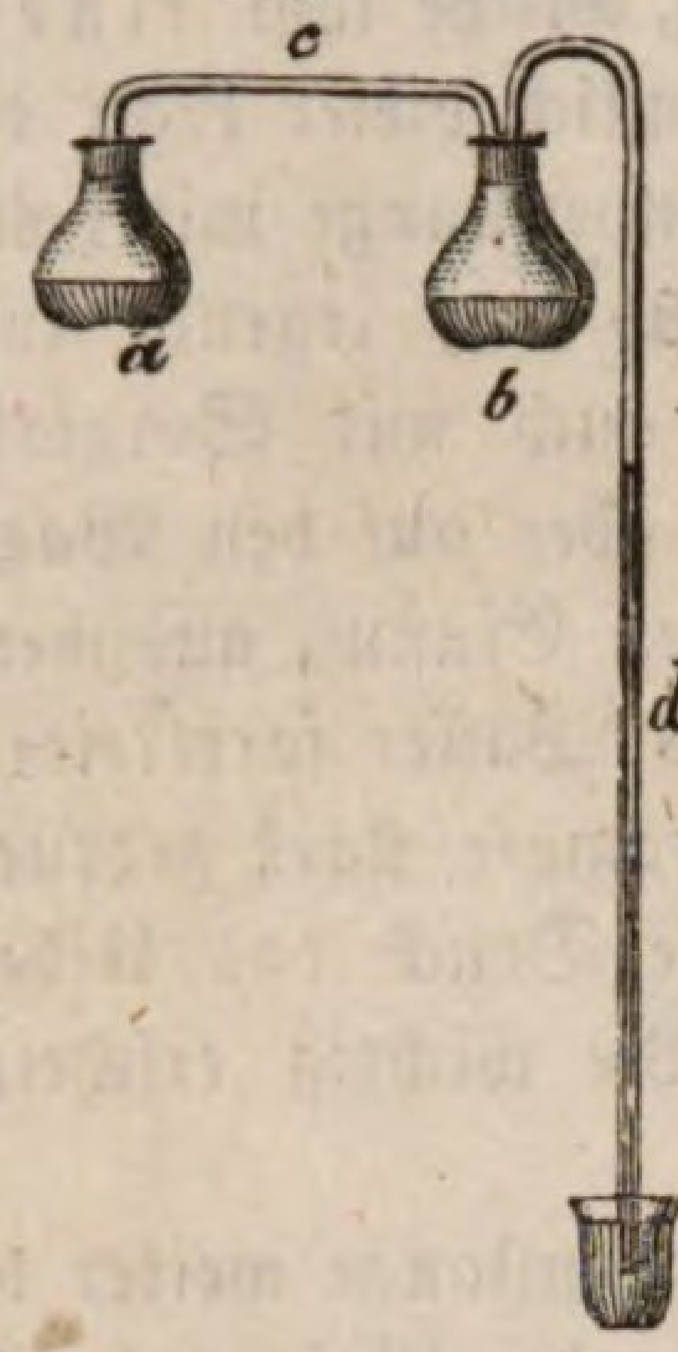
Anschauung der vorhergehenden Apparate bekannt, keiner Erörterung. Als vorzugsweise beachtenswerth erscheint bei der Newcomen'schen Maschine der Balancier oder Wagebalken. Um mit seiner Wirksamkeit bekannt zu werden, richtet eure Blikke hauptsächlich auf die Bewegung, welche ihm einerseits der Kolben im Cylinder, und andererseits, wann nämlich dieser kraft der Wasserdämpfe in die Höhe steigt, das Gewicht der Pumpenstange mittheilt. »Ist es denn im Allgemeinen nicht eben so, als ob Jemand aus irgend einer Saugpumpe Wasser zu Tage förderte?« Erwäget nur auch mit Sorgfalt, daß die Wasserdämpfe zwar den Kolben aufwärts treiben, aber auf den Wagebalken der biegsamen Kette wegen selbst nicht den geringsten Einfluß ausüben! Der Zweck der Röhre *f* ist ein doppelter: 1. soll sie das Wasser forttreiben, welches bei dem Emporsteigen des Kolbens durch die Dämpfe stark gedrückt wird; und 2. verhindern, daß es, wann der atmosphärische Druck das Uebergewicht gewinnt, von Neuem in den Cylinder tritt. Wie wichtig erscheint mit Rücksicht hierauf ihr Ventil!

Die Wassermenge, welche durch jeden Hub der Pumpenstange weiter befördert werden kann, hängt von der Größe des Kolbens ab. Gesonnen, ihr Gewicht zu berechnen, dürft ihr euch nur erinnern, daß die Atmosphäre auch auf den Kolben unserer Maschine mit einer Kraft von etwa 15 Pfund auf einen Quadratzoll drückt. Es entsteht jedoch im Cylinder nie ein vollkommen luftleerer Raum. Ihr habt mithin von dem Gewichte, das eure Rechnung ergiebt, stets noch etwas abzuziehen. — So wißt ihr denn, wie die Newcomen'sche Maschine eingerichtet war, und daß offenbar die Regelmäßigkeit ihres Ganges mit der pünktlichen Oeffnung und Verschließung der Hähne *a* und *b* aufs innigste zusammenhing. Newcomen baute sie i. J. 1705.

Nach Newcomen ist vielleicht kein Mechaniker berühmter geworden, als Jakob Watt, der Erbauer der ersten wirklichen Dampfmaschine. Dieser Mann, der 1736 geboren wurde und 1819 starb, war zwar ohne tiefe physikalische Kenntnisse, und auch dabei so arm, daß er seine ersten Versuche mit zwei Arzneigläsern machen mußte; allein ein solches mechanisches Genie, daß er die Fehler bei den bisher benutzten atmosphärischen Maschinen nicht nur sogleich entdeckte, sondern ihnen auch aufs trefflichste abzuhelfen verstand. Vielfache Beobachtungen einer solchen Newcomen'schen Maschine, die er im Jahre 1763 von der Universität zu Glasgow zur Ausbesserung erhalten hatte, überzeugten ihn endlich, daß bei ihr, weil das Einströmen des kalten Wassers den Cylinder abkühlte, eine große Menge Wärme unnütz verschwendet würde. Er sann nun Tag und Nacht darüber nach, wie er die erkannten Mängel verdrängen könnte, experimentirte wiederholt, und kam zuletzt auf den glücklichen Gedanken, die Verdichtung des Dampfes in einem besondern Gefäße, dem Kondensator, zu bewerkstelligen. Somit war der erste Schritt in der glänzenden Laufbahn gethan, die seinen Namen unsterblich machte. In welcher Weise der abgesonderte Kondensator wirkte, möge euch aus Fig. 152 (a. f. S.) klar werden! *a* und *b* stellen zwei kleine Kugeln vor, die, wie hier fast alle Theile, aus Glas bereitet, mit etwas Aether angefüllt und oben durch einen Kork verstopft sind; ferner *c* und *d* zwei Röhren, von denen jene *a* und *b* in gegenseitige Verbindung setzt und diese nach ihrer Krümmung gerade abwärts geht. Wir umgeben die beiden Kugeln mit heißem Wasser. Sofort fängt der

Aether zu kochen an; die Dämpfe, welche aus ihm sich bilden, entweichen und nehmen aus dem Apparate die Luft mit sich fort. Nun tauchen wir das untere Ende der Röhre *d* in ein mit Quecksilber begabtes Näpfchen und entziehen zugleich den Gefäßen *a* und *b* ihre Wärmequelle. »Und was ist hiervon der Erfolg?« Die Kugeln *a* und *b* sinken allmälig auf die Temperatur der äußern Luft zurück; die Dämpfe im Apparate verlieren, jedoch blos bis zu einer bestimmten Grenze hin, an Spannkraft, und das Quecksilber in *d* steigt bis zu einer gewissen Höhe empor. Wir wiederholen unsern Versuch. Die Erwärmung von *a* und *b* bewerkstelligen wir ganz nach voriger Weise; bei der Erkaltung indeß sehen wir von *b* gänzlich ab und bringen blos die Kugel *a* in Wasser von sehr niederer Temperatur. Und sehet! das Quecksilber in der Röhre *d* steigt eben so hoch, als das erste Mal, und giebt uns dadurch die wichtige Lehre: »die Kraft der Dämpfe verringert sich unter dem bezeichneten Umstande gerade um eben so viel, als ob der ganze Apparat so stark, als *a* allein, erkaltet worden wäre.« Wißt ihr schließlich noch, daß hier die Kugel *a* die Rolle eines Kondensators oder Verdichters der Dämpfe spielt; so dürfte euch das Hauptsächlichste Dessen, was ich euch noch weiter über die Dampfmaschinen mitzutheilen habe, genügend klar werden. — Fasset nun Fig. 156, oder das Bild derjenigen Dampfmaschine, welche Jakob Watt, nachdem er eine Verbesserung nach der andern angebracht hatte, vor sich dastehen sah, recht scharf ins Auge!

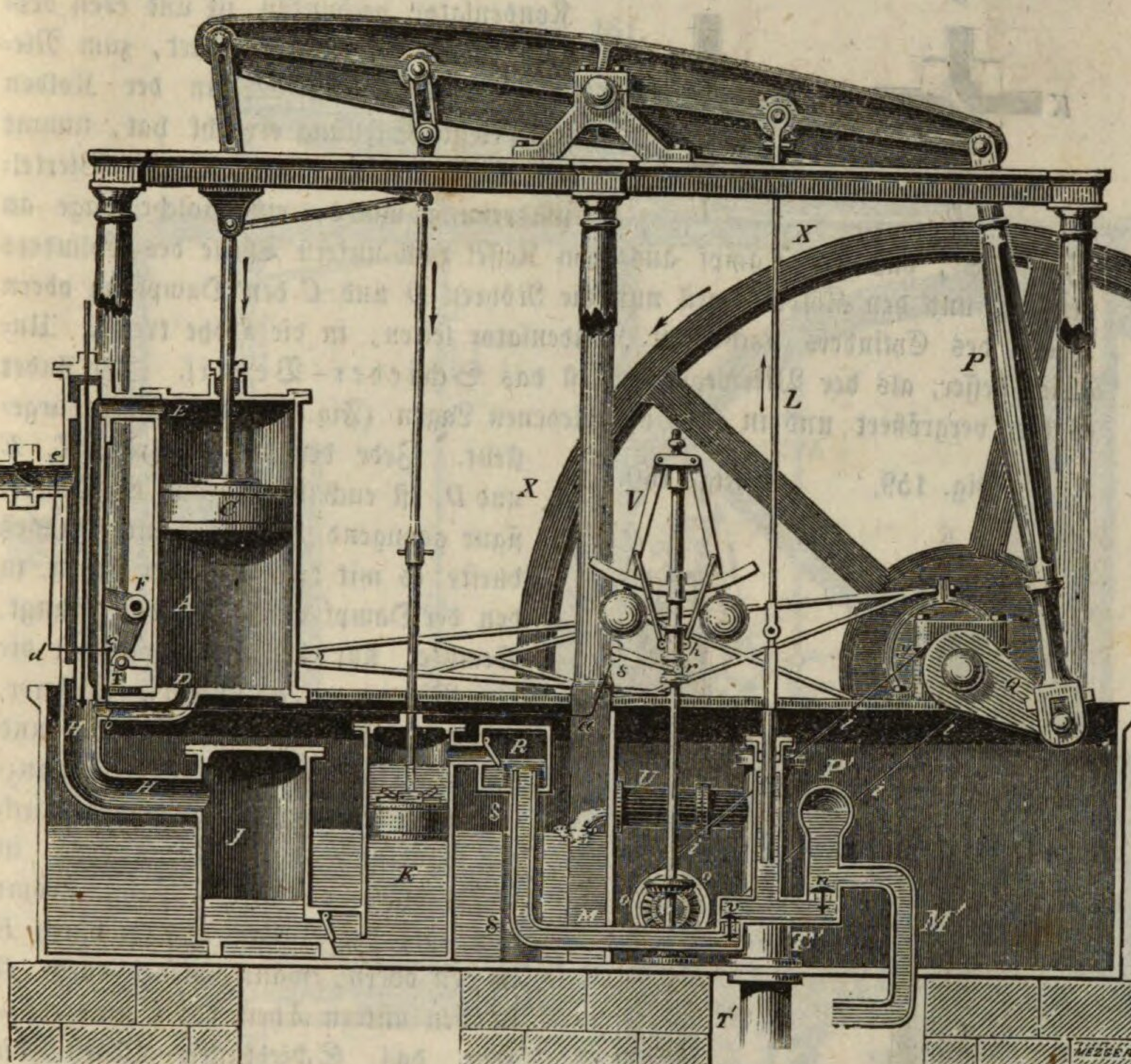
Fig. 155.



Der Kessel der Maschine (in der Zeichnung findet er sich nicht) ist gewöhnlich aus Eisen, also nur selten aus Kupfer, bereitet, und hat sowol einen concaven Boden, um den die Flamme spielt, als auch ein Sicherheits-Ventil, das mit Rücksicht auf den Grad, bis zu welchem die Elasticität des Dampfes steigen soll, mehr oder weniger belastet wird. Um die Verdampfung in gleichmäßigem Gange zu erhalten, beschenkt man ihn wiederholt mit dem erwärmten Wasser eines kleinen Behälters (in welcher Weise Dies geschieht, sollt ihr weiter unten erfahren). »Was veranschaulicht uns denn aber die nebenstehende Figur?« 1. den Cylinder *A*, der bei der Watt'schen Maschine oben und unten luftdicht verschlossen ist, und daher der atmosphärischen Luft nicht gestattet, auf den Kolben *C* selbst nur im geringsten zu drükken; 2. die Röhre *Z*, welche den Dampf aus dem Kessel in die eigentliche Maschine im Allgemeinen, und die beiden Oeffnungen *E* und *D*, von denen ihn die eine, *E*, in den obern, die andere, *D*, in den untern Theil des Cylinders, und zwar stets wechselsweise, insbesondere leitet; 3. den Kondensator, *J*, der die Bestimmung hat, den Dampf, welcher bei *D*, also aus dem untern Theile des Cylinders, durch die Röhre *H* entweicht, in sich aufzunehmen und sofort zu verdichten; 4. die Pumpe *K*, welche aus dem Kondensator nicht blos das Wasser, sondern auch die Luft wegschafft und eben deshalb auch den Namen Luftpumpe führt (wie alles Wasser, läßt auch das im Kessel befindliche, wann es ins Kochen geräth, die gleichsam verschluckte Luft wieder fahren); 5. den Behälter *R*, wohin die

Pumpe *K* das Wasser bringt, und aus dem es zum Theil durch die Röhre *S* abfließt, zum Theil durch eine andere Röhre, *M*, zu einer Pumpe hingelangt;

Fig. 156.



6. diese Pumpe mit ihrer Stange *L* und den beiden Ventilen *v* und *n* (*L* steht, wie bei der Newcomen'schen Maschine, mit dem Balancier oder Wagebalken in Verbindung; *v* ferner öffnet sich bei dem Empor=, hingegen *n* bei dem Niedersteigen des Kolbens); 7. die Röhre *M'*, welche die Bestimmung hat, das Wasser vermittels der zuletzt erwähnten Pumpe bis zum Kessel hinzuschaffen. — Bevor ich in der Angabe der Theile weiter fortfahre, präget euch Folgendes ein!

Unter sämmtlichen Vorrichtungen, durch die wir den Dampf bald in den Kondensator, bald oben oder unten in den Cylinder treten lassen können, sind besonders der Vierwegehahn und das Schieber-Ventil von Wichtigkeit. Ersterer, der sich jedoch für größere Maschinen nicht als praktisch bewährt hat, ist so durchbohrt, wie ihr ihn hier abgebildet seht (Fig. 157 und 158 s. f. S.). Vorausgesetzt, es führe bei derjenigen Stellung, in welcher ihn die erste Figur zeigt, die Röhre *K* nach dem Kessel, *C* nach dem Kondensator, *O*

nach dem obern und *U* nach dem untern Theile des Cylinders; dann muß offenbar der Dampf aus dem Kessel in den obern Theil des Cylinders treten, und den Kolben, weil der untere Theil desselben durch die Röhren *U* und *C* mit dem Kondensator verbunden ist und eben deshalb keinen Gegendruck leistet, zum Niedergange bewegen. Wann der Kolben seine tiefste Stellung erreicht hat, nimmt der Vierwegehahn, indem er eine Viertelumdrehung macht, eine solche Lage an (Fig. 158), daß der Dampf aus dem Kessel zum untern Theile des Cylinders gelangt, und den Kolben, weil nun die Röhren *O* und *C* den Dampf im obern Theile des Cylinders nach dem Kondensator leiten, in die Höhe treibt. Ungleich besser, als der Vierwegehahn, ist das Schieber-Ventil. Ihr findet es hier vergrößert und in zwei verschiedenen Lagen (Fig. 159 und 160) dargestellt. Jede der drei Röhren, *Z*, *E* und *D*, ist euch bereits aus der Hauptfigur genügend bekannt; anders indeß dürfte es mit dem Behälter stehen, in den der Dampf durch Z zuerst gelangt. Beachtet nur bei ihm zuvörderst die drei Räume *m*, *a'* und *a*! Ersterer, also der mittlere Raum, ist von *a'* und *a* durch einen Schiebkasten, *F*, gänzlich abgeschlossen; *a'* mit *a* aber durch die Höhlung desselben Kastens in Verbindung gesetzt. »Wann strömt nun wol der Dampf aus *m* durch *E* in den obern, wann wieder durch *D* in den untern Theil des Cylinders?« Hat das Schiebkasten-Ventil die Stellung Fig. 160, dann ist Ersteres, hat es aber die Stellung Fig 160, dann Letzteres der Fall. Wer sich endlich vorstellen kann, wie die Räume *a'* und *a* auch mit dem Kondensator in Verbindung stehen, findet nun wol nichts mehr, was bei diesem Theile der Watt'schen Dampfmaschine noch einer Erläuterung bedürfte. — Der Kondensator taucht in ein Gefäß mit kaltem Wasser; die Oeffnung, durch welche es in ihn fortwährend strömt, findet sich in unserer Figur nicht angegeben.

Fig. 157.

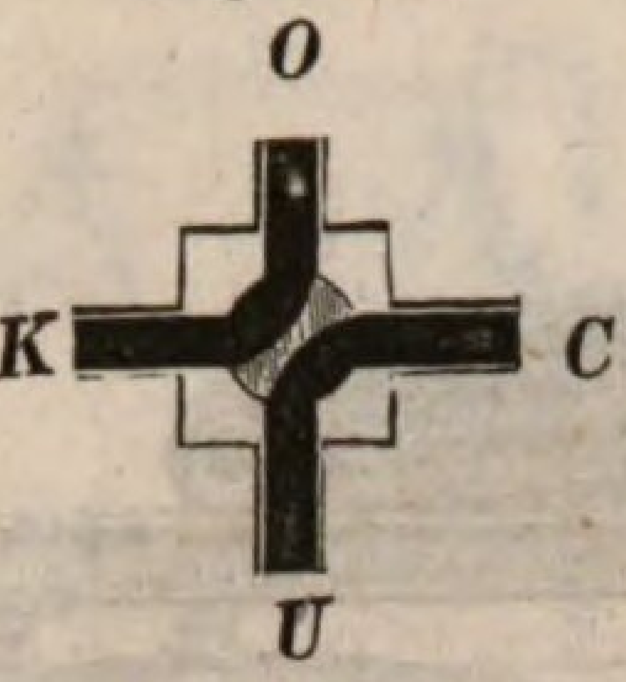


Fig. 158.

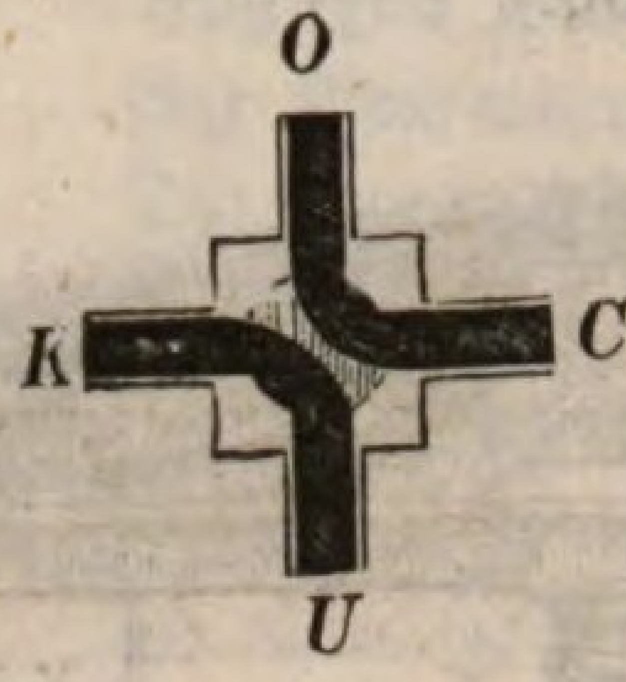


Fig. 159.

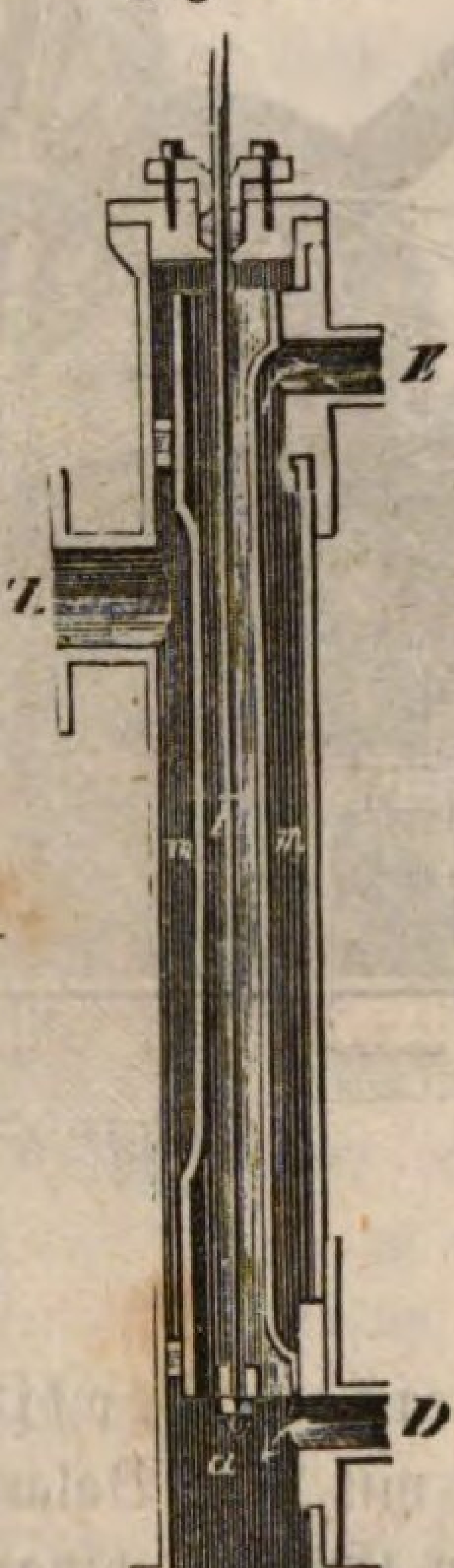
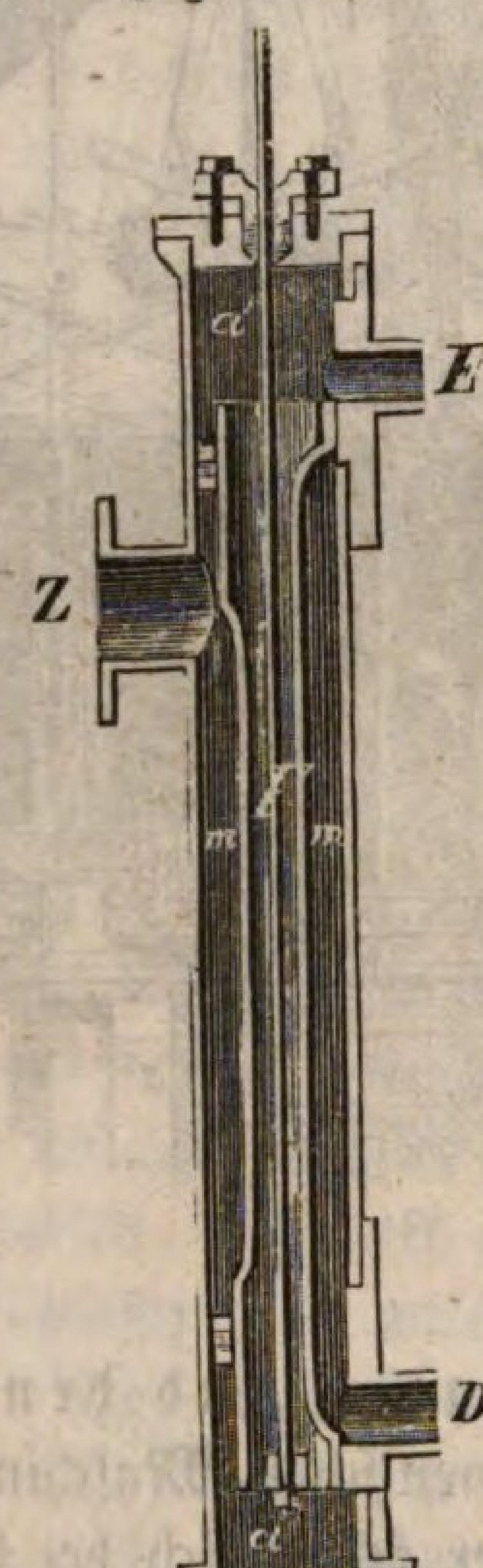


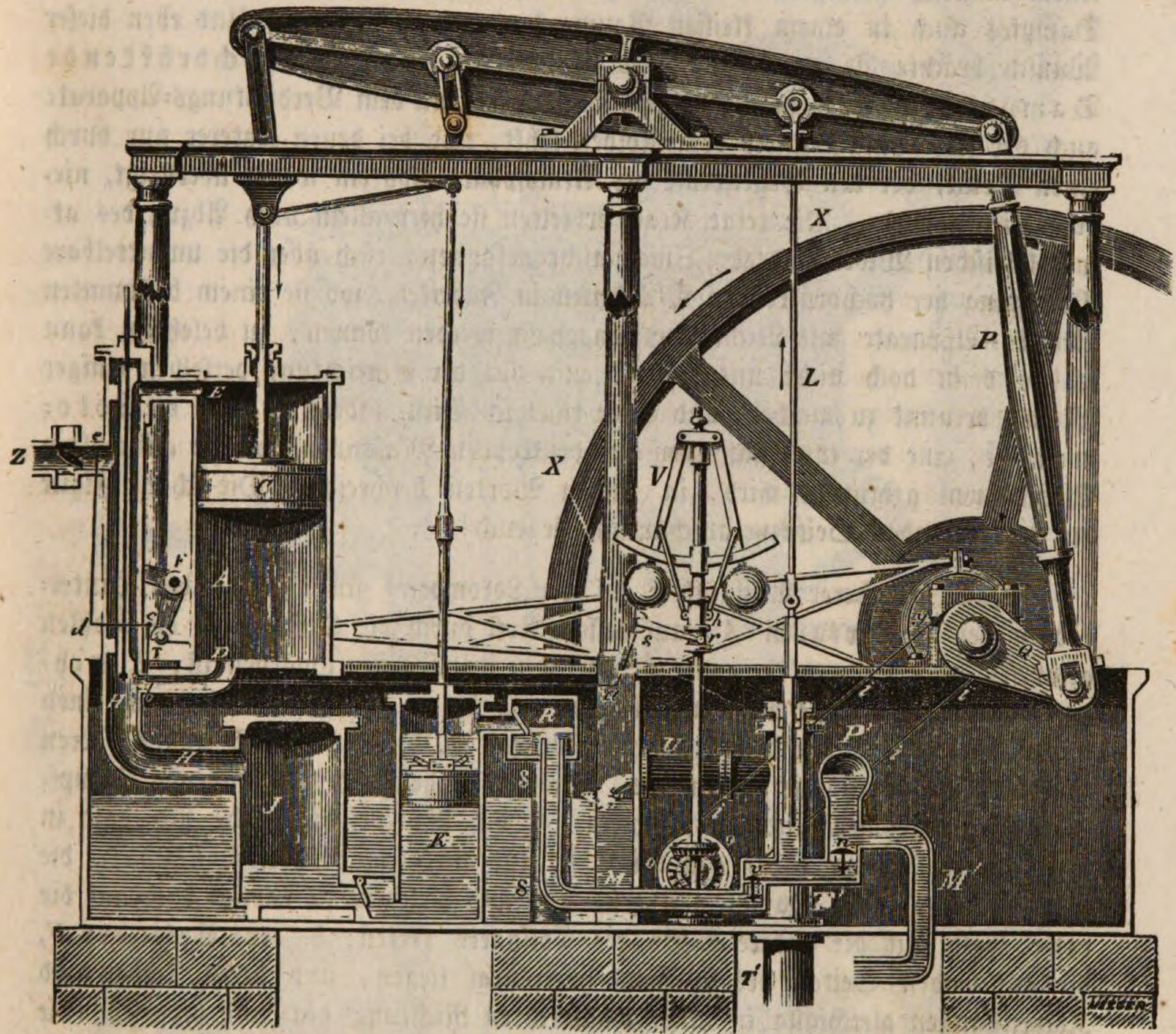
Fig. 160.



Außer den bei dem Spiele des Dampfes in Betracht kommenden Theilen, die ihr bereits kennen gelernt habt, giebt es noch andere, welche sich auf die Art, denselben in Thätigkeit zu setzen, beziehen. So lehrt euch die hier nochmals beigefügte Figur, daß die Kolbenstange, gleich der Stange der Kondensator-Pumpe, nicht unmittelbar an die Arme des Balanciers befestigt werden darf: denn da jeder Punkt dieses großen Hebels um seinen Drehungspunkt einen Kreisbogen beschreibt; so würde hierdurch ein Bestreben entstehen, die

Kolbenstange bald etwas links, bald etwas rechts zu zerren, und die endliche Folge eine Zertrümmerung der betheiligten Stükke sein. Jakob Watt stellte deshalb eine Menge beweglicher Stangen (sie führen gemeinschaftlich den Namen Parallelogramm) so zusammen, daß sie durch ihr Spiel den Mangel

Fig. 161.



einer vollkommen vertikalen Befestigung des Balanciers ausglichen. Betrachtet endlich noch das Schwungrad *X* und den Regulator *V*! In welcher Weise die auf- und niedergehende Bewegung des Balanciers bewirkt wird, ist euch bekannt; noch aber wißt ihr nicht, daß die Treibstange *P* und die Kurbel *Q* sie in eine stetige kreisförmige Bewegung umwandeln. Die Achse der Kurbel *Q* bleibt unstreitig die Hauptachse der ganzen Maschine. Der Regulator *V* besteht aus einer lothrechten Stange, die sich in einer ununterbrochenen Bewegung befindet, und aus 2 Metallstäbchen, welche sich frei an einander drehen und oben ein bald mehr, bald weniger geöffnetes Parallelogramm bilden, zusammengesetzt ist. Letzteres zeigt den schnellern, oder langsamern Gang der Maschine stets am besten an. Andere Dinge übergehe ich hier, als zu schwierig für euch.

Solltet ihr einst eine Dampfmaschine der Art, wie ich sie euch beschrieben habe, in der Wirklichkeit sehen; so würde es wol auch euch einleuchten, daß der Verdichtungs-Apparat einen viel zu großen Raum einnimmt, als daß wir an die Fortbewegung einer solchen Maschine selbst nur denken dürften. Nun aber ist es von jeher der Wunsch der Künstler und Anderer gewesen, Maschinen von einem ungleich geringern Gewichte zu besitzen, d. h. die bewegende Kraft des Dampfes auch in einem kleinen Raume benutzen zu können. Und eben dieser Wunsch brachte sie zuletzt auf den Gedanken, sogenannte hochdrükkende Dampfmaschinen zu verfertigen, in welchen mit dem Verdichtungs-Apparate auch der leere Raum unter dem Kolben fehlt, und bei denen letzterer nur durch einen Druck, der den Gegendruck der Atmosphäre blos ein wenig übersteigt, niedergetrieben wird. Die reine Kraft erhielten sie hier allein nach Abzug des atmosphärischen Widerstandes. Zwar nicht gesonnen, euch über die unmittelbare Benutzung der hochdrükkenden Maschinen in Fabriken, wo sie einem bestimmten Arbeits-Apparate mit Leichtigkeit angepaßt werden können, zu belehren, kann ich es denn doch nicht unterlassen, euch mit der Einrichtung derselben einiger Maßen bekannt zu machen, und zwar thue ich Dies, indem ich euch die Lokomotive, eine der interessantesten hochdrükkenden Maschinen, wie sie auf unsern Eisenbahnen gebraucht wird, in kurzen Worten beschreibe. Die schöne Figur auf der folgenden Seite veranschauliche sie euch!

Von besonderer Wichtigkeit bei der Lokomotive sind: 1. bei den Hinterrädern der Feuerraum *A*, auf dessen Rost durch die Oeffnung *a* die Kohlen geworfen werden, und der von allen Seiten mit Wasser umgeben ist; 2. mehrere Röhren, welche horizontal liegen, und die in *A* erhitzte Luft durch einen mit Wasser angefüllten Raum nach *D* führen; 3. die Räume *B* und *C*, deren Bestimmung es ist, die bedeutende, in jedem Augenblikke sich bildende Dampfmenge aufzunehmen und zu sammeln; 4. die Röhre *c*, welche sich bald in zwei andere Röhren theilt (im Bilde ist nur die eine Röhre, *d*, sichtbar), die dem Behälter *i* den Dampf zuführen, und aus welchem sie endlich bald auf die eine, bald auf die andere Seite des Cylinders treten; 5. jene Cylinder *F*, die auf beiden Seiten des Wagens horizontal liegen, und deren Kolben und Kolbenstangen gleichfalls in einer wagerechten Richtung hin- und hergehen (die Figur zeigt euch, und zwar im Längen-Durchschnitte, blos den vordern Cylinder mit seinem Behälter); 6. die Sicherheits-Ventile *H* und *L*, der Schornstein über *D* (er leitet die erhitzte Luft und den Rauch fort) und ein großer Hebel, der seinen Arm in *N* und seinen Unterstützungspunkt in *P* besitzt. Indem ich nicht die Absicht haben kann, euch auch das Spiel einer so kostbaren Maschine aus einander zu setzen, übergehe ich diejenigen Theile derselben, von denen ihr selbst bei großer Mühe keine ganz klare Vorstellung erhalten würdet.

In ähnlicher Weise, wie die Dampfwagen, sind die Dampfschiffe eingerichtet. Die Maschine dieser Fahrzeuge ist gewöhnlich in der Mitte angebracht, und setzt zu beiden Seiten durch den sogenannten Krummzapfen solche Schaufelräder, welche den Wasserrädern unterschlächtiger Mühlen gleichen, in Bewegung. In der allerneuesten Zeit wendet man fast immer zwei Cylinder und auch eben so viel Krummzapfen an. Schon im Jahre 1807 baute der Nordamerikaner

Robert Fulton ein großes Dampfschiff, auf welchem er bei 160 Tonnen Ladung in 32 Stunden 120 Seemeilen zurücklegte.

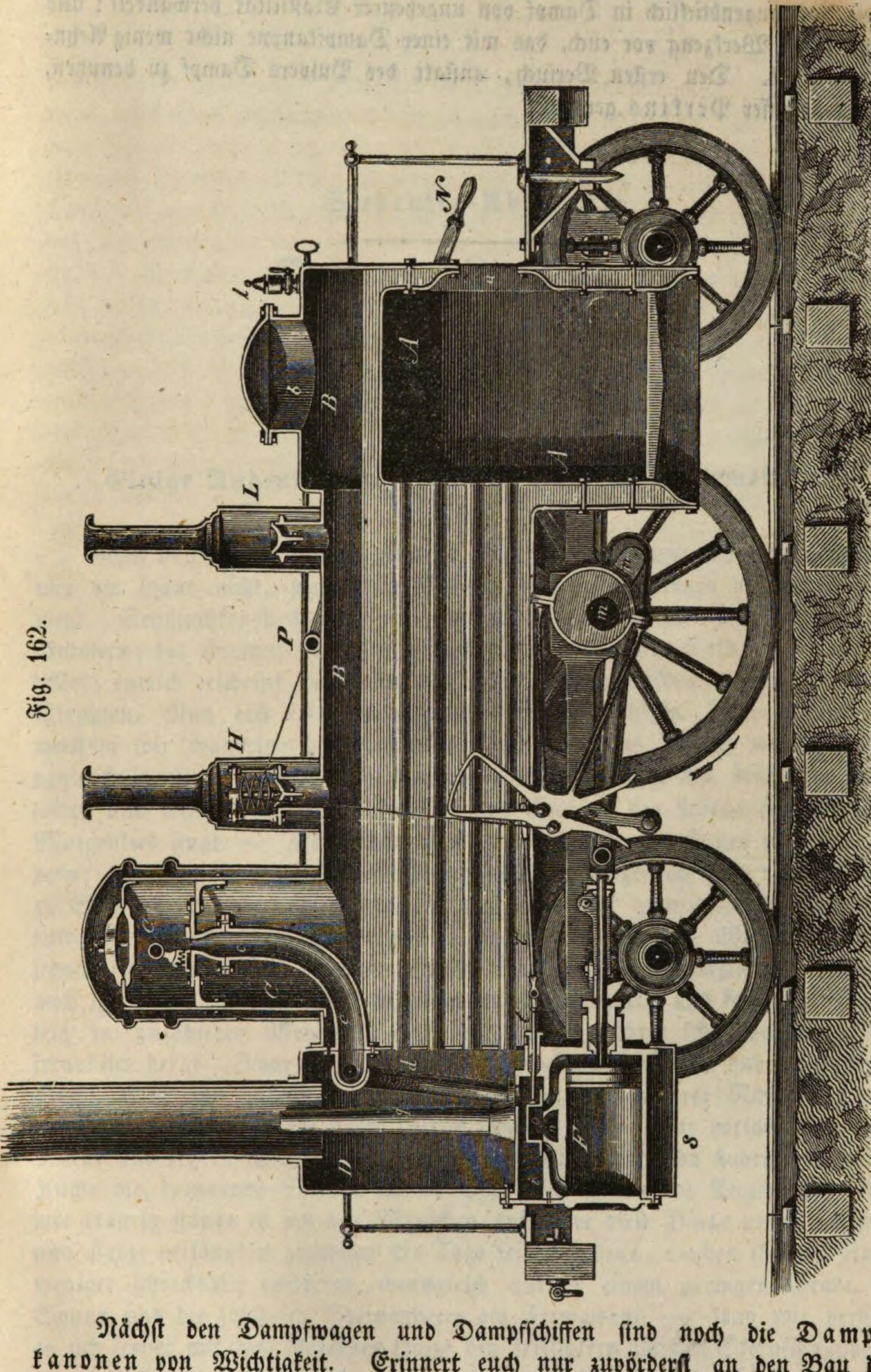


Fig. 162.

Nächst den Dampfwagen und Dampfschiffen sind noch die **Dampfkanonen** von Wichtigkeit. Erinnert euch nur zuvörderst an den Bau der Windbüchsen, und setzet an die Stelle des bekannten Luft-Magazins irgend eine

Vorrichtung zur Erzeugung des Dampfes; nehmet ferner an, es sei letztere mit Wasser begabt, und dieses wieder so stark erhitzt, daß es, von jeglichem Drukke befreit, sich augenblicklich in Dampf von ungeheurer Elasticität verwandelt! und ihr habt ein Werkzeug vor euch, das mit einer Dampfkanone nicht wenig Aehnlichkeit besitzt. Den ersten Versuch, anstatt des Pulvers Dampf zu benutzen, hat ein gewisser Perkins gemacht.

Siebenter Abschnitt.

Das Licht.

---

§. 1.

Einige Andeutungen über das Licht im Allgemeinen.

Noch herrscht die Nacht; noch ist es rabenschwarz um uns her; noch sehen wir die Hand nicht, welche ein Anderer vor unsern Augen hin und her bewegt. Sehnsuchtsvoll harren wir dem Morgen entgegen. Es fängt an zu dämmern; der Himmel im Osten röthet sich; es wird von Sekunde zu Sekunde heller; endlich erscheint die Sonne mit ihren Alles erquikkenden, neu belebenden Strahlen. Nun erst erfreuen wir uns des anmuthigen Buchenhaines, in welchem wir wandeln; des rieselnden Bächleins, das sich zu unsern Füßen dahinschlängelt; des rüstigen Landmannes, der den Pflug mit kräftigem Arme leitet und seinem Schöpfer, Erhalter und Regierer des Lebens ein fröhliches Morgenlied singt. — Es verschwindet eine Stunde des Tages nach der andern; die Sonne neigt sich allmälig zum Untergange; es wird von Sekunde zu Sekunde dunkler; endlich überfällt uns die Nacht zum zweiten Male und ruft alles Grausenhafte der vorigen in unsere Seele zurück. Wie ganz anders jedoch ist diese Nacht! Kaum hat sie ihren Anfang genommen; so erscheint auch schon der liebliche Mond in seiner vollen Schönheit, und funkelnde Sternlein in unzähliger Menge schauen auf uns von ihrer schwindelnden Höhe freundlich herab. Zwar ist es keineswegs so hell, wie an dem dahin geflossenen Tage; allein wir erkennen doch noch die Dinge in unserer Nähe, sind doch wenigstens nicht ganz auf unser Getast beschränkt. — Wir verlassen die freie Natur und kehren in unsere Häuser zurück. Und sehet! da finden wir in der Küche die brennende Lampe, in der Stube das flammende Kerzenlicht. Ach, wie traurig stände es um den Menschen, besäße er diese Dinge nicht! Lampe und Kerze verlängern gleichsam die Tage seines Lebens; machen ihm die Nacht weniger schreckbar; vertreten, wenngleich nur in einem geringen Grade, die Sonne und die zahllosen Sternenheere am Firmament. — Und wie verhält es sich ferner mit dem faulenden Holze, den Irrlichtern und den Sternschnuppen? wie weiter mit unsern Johanniswürmlein und den amerikanischen Laternen-

trägern, den Quallen auf der Oberfläche und vielen Fischen in der Tiefe des Meeres? wie endlich mit dem wunderbaren Stoffe, der sich als Blitz in den Wolken zeigt, und unter dem Wachstaffet einer Elektrisir-Maschine, wenn anders die Scheibe an dem Kissen gerieben wird, in Menge hervorströmt?« — Auch sie erleuchten bald größere, bald kleinere Räume; auch sie setzen uns in den Stand, die Gegenstände, welche uns umgeben, vermittels des Gesichtssinnes wahrzunehmen. — Präget euch hierbei hauptsächlich Folgendes gründlich ein!

1. Die Frage: »woher kommt es, daß die Körper vermittels der Sonne, vieler Sterne, des Lampen- und des Kerzenlichtes, des elektrischen Stoffes u. s. w. erhellt werden?« können wir zwar mit genügender Bestimmtheit nicht beantworten; allein es findet sich doch mit Rücksicht auf sie so manche Voraussetzung (Hypothese), gegen die sich nur wenig einwenden läßt. Ich lenke eure Aufmerksamkeit nur auf zwei. — Frühere Gelehrte nahmen an, daß es einen besondern Lichtstoff gebe, welcher von allen Dingen hinwegströme und zuletzt unsere Augen berühre. Die Voraussetzung, welche den Namen Emanations-Theorie führt, ist jetzt, weil beinahe jede neuere, hierher gehörige Entdekkung eine Vermehrung der Eigenschaften des Lichtes nothwendig gemacht hat, von allen Naturforschern verlassen worden. Ihr Schöpfer ist Newton. — Nach der Undulations- oder Vibrations-Theorie, der nun die Gelehrten huldigen, befinden sich die Theilchen eines leuchtenden Körpers in dem Zustande beständiger Schwingungen, und veranlassen dadurch eine Wellenbewegung des Aethers, einer ungemein feinen, elastischen, vollkommen durchsichtigen Flüssigkeit, von der wir annehmen, daß sie den ganzen Weltenraum durchdringt. Eben diese Oscillationen pflanzen sich bis zur Netzhaut des Auges fort, und bewirken hier diejenige Vorstellung, welche wir mit dem Namen Sehen belegen. Wie leicht sich fast alle Lichterscheinungen nach der Vibrations-Theorie erklären lassen, werde ich zu wiederholten Malen nachweisen. Die Verschiedenheit der Farben z. B. rührt mit Rücksicht auf sie von der ungleichen Schwingungsdauer der Lichtwellen her, gerade so, wie ja eine verschiedene Dauer der Luftschwingungen verschiedene Töne erzeugt. Verwechselt übrigens nicht die Luftwellen mit den Schwingungen des Aethers! Letztere zeichnen sich durch ihre Größe, Richtung und Geschwindigkeit aus. — Die Vibrations-Theorie ist hauptsächlich von Euler und Descartes ins Leben gerufen worden.

2. Sämmtliche Körper, welche die Eigenschaften besitzen, den Aether fortwährend in schwingende Bewegungen zu versetzen, nennen wir selbstleuchtend; ihnen entgegengesetzt sind die dunklen, die nur dadurch sichtbar werden, daß sie die Lichtwellen irgend eines leuchtenden Körpers zurückwerfen. Der für uns wichtigste selbstleuchtende Körper ist die Sonne. Außer ihr und jedem andern Fixsterne (nach Herschel giebt es Fixsterne mit grünlichem, bläulichem und violettem Lichte) gehören die Lichtflamme (Flammen leuchten besonders hell, wenn sich in ihnen glühende Dinge befinden)*), der Phosphor

---

*) Unter allen glühenden Körpern leuchtet Kalk, in eine Flamme von Sauerstoff- und Wasserstoff-Gase gebracht, am stärksten. So wendet man ihn aber auch bei Leuchtthürmen, Mikroskopen und zu Signalen häufig an.

(auch er rührt ursprünglich von einer schwachen Verbrennung her), viele in Fäulniß übergehende thierische und pflanzenartige Stoffe, schwach erwärmter Flußspath und Diamant, Irrlichter und Sternschnuppen, manche Insekten und das elektrische Licht den selbstleuchtenden Körpern an. Ob wir die Augen einiger Thiere, z. B. der Katzen und Tiger (die Augen der Tiger sollen gegen 30 Schritt weit leuchten und einen Körper auf anderthalb Fuß erhellen), auch hierher zu rechnen haben, ist noch unentschieden. Daß Körper, die, wie Johanniswürmchen, faulendes Holz u. dgl., ein schwaches Licht besitzen, nur im Dunkeln leuchten, kann uns nicht befremden; denn ihr Licht wird gleichsam von dem starken Lichte der Sonne überwältigt. »Wißt ihr nun auch, warum wir bei Tage die Sterne nicht sehen?« — So lange ein ursprünglich dunkler Körper Licht empfängt, verhält er sich ganz so, wie ein selbstleuchtender, und kann daher auch wieder andere Körper erhellen. Den schlagendsten Beweis hierzu liefert der Mond. Entziehen wir irgend einen dunkeln Körper der Wirkung des Lichtes; so verliert er seine vorige Helligkeit entweder plötzlich, oder leuchtet noch eine Zeitlang mit immer mattter werdendem Lichte fort. Körper von letzterer Beschaffenheit werden L i c h t s a u g e r, L i c h t t r ä g e r und L i c h t m a g n e t e genannt. Zu ihnen gehören manche Diamante, Schwefelkalk, durchgeglühte Austernschalen, besonders aber der bononische Stein (er findet sich in der Gegend von Bologna), welcher, gelind geglüht und nachher dem Sonnenlichte ausgesetzt, seine ihm mitgetheilte leuchtende Eigenschaft nicht sobald wieder fahren läßt. Vollkommen schwarze Dinge, deren Zahl übrigens sehr gering ist, ausgenommen, giebt es vielleicht keinen Körper, bei dem das Nachleuchten nicht in einem gewissen, wenngleich meist äußerst geringen Grade zu bemerken wäre. Zukker, den wir zerschlagen; Kreide, welche wir an einem heißen Tiegel zerreiben; Glas, das wir auf gewöhnliche Art schleifen, u. s. w., sprechen genügend für meine Behauptung.

3. O f t i s t m i t L i c h t W ä r m e v e r b u n d e n, o f t a b e r a u c h n i c h t. — Wie steht es wol in dieser Beziehung mit dem Lampen- und dem Kerzenlichte? mit den mancherlei glühenden Körpern? mit Johanniswürmlein und Laternenträgern? mit dem faulenden Holze, dem elektrischen Stoffe und dem Lichte der Sonne?« Letzteres erregt höchst wahrscheinlich in der Luft, und in denjenigen Körpern, welche es seiner umfaßlichen Geschwindigkeit wegen so gewaltig trifft, blos mehr oder weniger Wärme. Auf jeden Fall müssen die Licht- und die Wärmeerscheinungen von einander unterschieden werden. Daß sich übrigens bei großer Wärme gewöhnlich auch Licht entwikkelt, beweisen solche Körper, die, an einander gerieben, in den Zustand des Glühens, oder gar des eigentlichen Brennens übergehen. Das einfallende (direkte) Licht besitzt nicht selten einen höhern Wärmegrad, als das von irgend einer polirten Fläche zurückgeworfene.

4. D i e E i n w i r k u n g d e s L i c h t e s, g a n z b e s o n d e r s d e s S o n n e n l i c h t e s, a u f o r g a n i s c h e K ö r p e r i s t s e h r b e d e u t e n d.

Vergleichet nur gelegentlich eine Pflanze, die im Dunkeln wächst, mit einer andern, welche sich des Sonnenlichtes erfreut! wie schwach und farblos wird euch jene, wie kräftig und angenehm grün diese erscheinen! »Und haben wir denn nicht oft genug gesehen, daß Pflanzen, die wir in unsern Zimmern pflegen, ihre Zweige nach der Oeffnung hinstrekken, durch welche das Sonnenlicht einfällt?« Wie es mit der Pflanzenwelt steht, so auch mit der Thier-

und der Menschenwelt. Wollt ihr die allgemeinste chemische Wirkung des Lichtes kennen lernen; so erinnert euch nur Dessen, was ich euch in dem vierten Abschnitte über die Bereitung des Sauerstoff-Gases mitgetheilt habe!

§. 2.
Die Fortpflanzung des Lichtes.

Ich habe so eben einen schwarzen Stern an die gegenüberstehende Thür gemalt. Noch sehe ich ihn. Wie ich aber zwischen ihn und mein Gesicht einen undurchsichtigen Körper, beispielsweise eine Schiefertafel, halte, ist er für mich verloren, und bleibt es auch so lange, bis letztere ihre jetzige Stelle wieder verlassen hat. Ich verfinstere ferner unser Klassenzimmer auf gewöhnliche Weise, bohre dann in den einen Fensterladen eine kleine Oeffnung, und beobachte mit euch zugleich, welche Richtung das einfallende Licht von dort an bis zur entgegengesetzten Wand hin verfolgt. Sie ist wirklich keine andere, als eine gerade. In welcher Art ich meinen Versuch auch anstelle; immer gelange ich zu der wichtigen Wahrheit: »die Bahn des Lichtes ist geradlinig.«

Der ausgesprochene Erfahrungssatz ist so allgemein bekannt, daß wir den leuchtenden Punkt, ohne vorher große Ueberlegungen angestellt zu haben, stets in derjenigen Richtung suchen, in welcher wir ihn erblikken, und daß ein mit solchen Dingen unbekannter Wilder das Bild, welches ihm von irgend einem Gegenstande hervorgezaubert worden ist, hinter der polirten Fläche erhaschen will. Wir wenden ihn ferner auch bei vielen Geschäften auf die mannigfaltigste Weise an. Während z. B. ein Feldmesser den Strich am Diopter-Lineale hinzieht, der ihm bei dem Visiren nach einem Gegenstande als mit der Richtung nach dem letztern übereinstimmend angegeben wird, setzt er schweigend voraus, daß das Licht in einer geraden Linie zu ihm kommt. Ganz Dasselbe findet bei dem Nivilliren oder Wasserwägen Statt. Oder macht er etwa hierbei die bezeichnete Voraussetzung nicht, wenn er nämlich den Punkt, auf den sein horizontal gestelltes Fernrohr hinweist, als mit diesem Instrumente gleich hoch liegend betrachtet?« Merket vorläufig:

1. Von jedem Punkte eines selbstleuchtenden Körpers breiten sich die Lichtstrahlen nach allen Seiten hin aus, und verfolgen auch ihren geraden Weg so lange, bis sie auf einen Raum von veränderter materieller Beschaffenheit treffen. Es ist daher ganz natürlich, daß wir, wann wir das Licht vermittels einer Fläche auffangen, von einer Strahlenkugel, einem Strahlenkegel, oder einer Strahlen-Pyramide sprechen.

2. Halten wir einem Lichtstrahle die polirte Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers entgegen; so schlägt er, bei ihr angelangt, einen seiner vorigen Richtung bald mehr, bald weniger entgegengesetzten Weg ein. Wir nennen Dies die Zurückwerfung desselben. Nach welchem bestimmten Gesetze eine solche Ablenkung von dem frühern Wege erfolgt, zeigt uns die Katoptrik oder die Lehre über die Zurückwerfung der Lichtstrahlen von polirten Oberflächen.

3. Eine ähnliche Veränderung erleidet ein Lichtstrahl, wenn er in ein durchsichtiges Mittel übergeht, das, mit dem vorigen verglichen, mehr oder weniger dicht ist, und ferner die Oberfläche desselben nicht in senkrechter, sondern in schräger Richtung trifft. Eine Ablenkung dieser Art wird **Brechung** genannt. Wer einen Stock schräg, und auch so, daß noch ein Theil desselben über den Spiegel hervorragt, in ein Gefäß mit Wasser stellt, nimmt am besten wahr, was unter der Brechung eines Lichtstrahls zu verstehen ist. Das hierher gehörige Gesetz entwikkelt die **Dioptrik**, d. i. **die Lehre über die Brechung der Lichtstrahlen**.

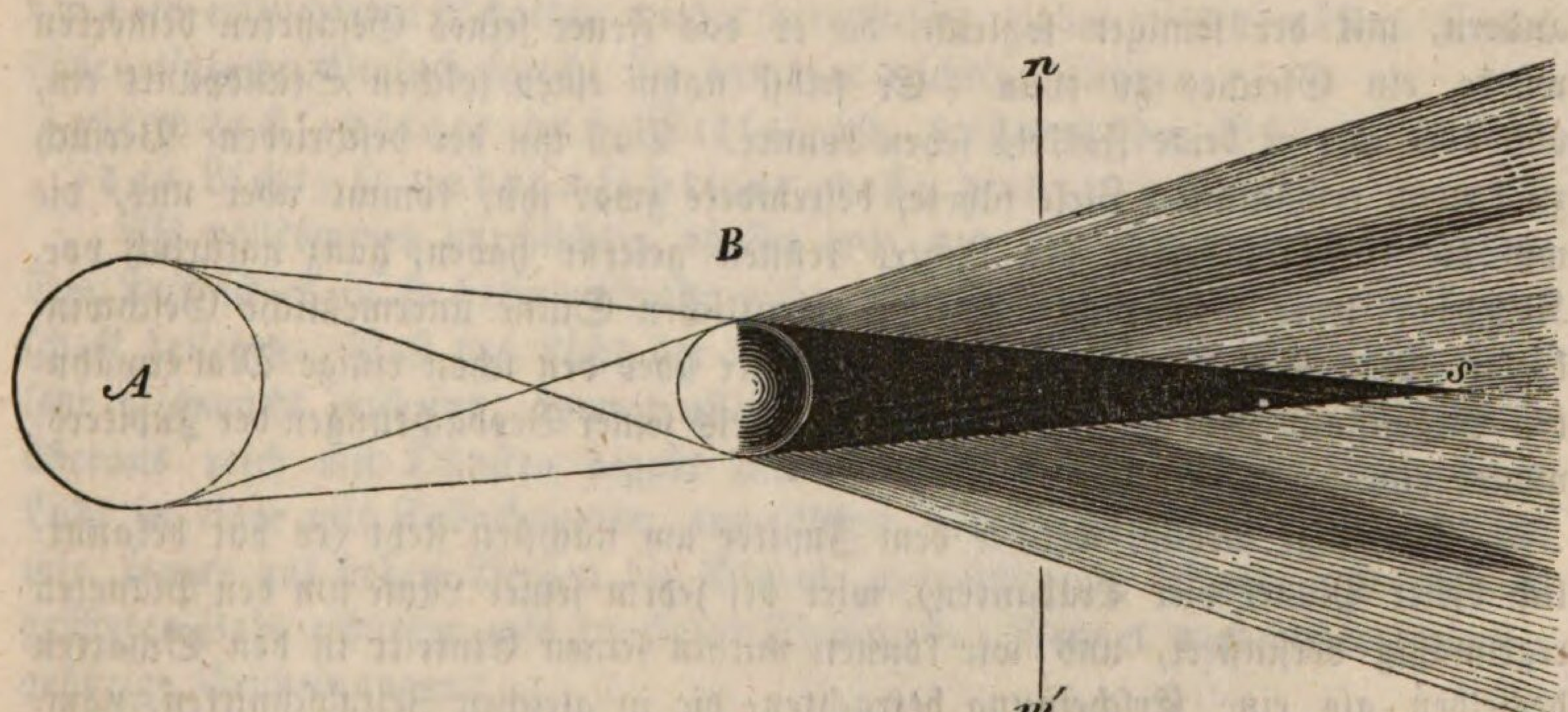
4. Streift ein Lichtstrahl den Rand eines dunkeln Körpers; so wird er von der geraden Linie abwärts, und zwar nach dem Innern des Schattens zu gelenkt. Wir nennen Dies seine **Beugung oder Inflexion**. Leider ist das hier obwaltende Gesetz noch nicht genau erforscht.

5. Fällt endlich das Licht auf einen nichtpolirten, undurchsichtigen Körper; so erleuchtet es ihn, d. h., es verbreitet sich über die ganze Oberfläche desselben. Auch diese Veränderung ist von Wichtigkeit. —

Schließlich stehe hier über den Schatten Folgendes:

Wir sprechen zuvörderst nicht selten über den **Kern-** und den **Halbschatten**, den irgend ein undurchsichtiger Körper wirft: **ersterer**, der vorzugsweise **Schatten heißt**, umfaßt denjenigen Raum, welcher gar kein Licht empfängt; **letzterer** jeden andern, der noch von einigen Punkten des leuchtenden Körpers beschienen wird. — Es sei beispielsweise *A* (Fig. 163) eine leuchtende und *B* eine dunkle, undurchsichtige, überdies kleinere Kugel. Wie weit sich unter solchen Umständen der Kern und der Halbschatten verbreiten, ergiebt sich aus der Zeichnung selbst aufs klarste; ebenso zeigt dieselbe genügend, daß mit der Entfernung vom leuchtenden Körper der Durchmesser des Kernschattens ab-, der Durchmesser des Halbschattens aber zunimmt, und daß ferner jenseit des Punktes *s* der Kernschatten ganz aufhört, der Halbschatten hingegen in demselben Grade, wie er an Breite gewinnt, schwächer und unbestimmter wird. —

Fig. 163.



§. 3.

Die Geschwindigkeit des Lichtes.

Wie ungemein schnell eine Kanonenkugel dahinfährt, ist Jedem bekannt; kein Auge kann ihr folgen; ehe ein Pulsschlag vorüber ist, hat sie bereits auf ihrer Bahn mehrere Hundert Fuß zurückgelegt. Und doch erscheint sie langsam im Verhältnisse zur Erde; denn diese durchläuft auf ihrer Bahn um die Sonne in jeder Sekunde ungefähr $3\frac{2}{3}$ geographische Meilen und vollendet mithin in der kurzen Periode von 365 Tagen einen Weg, der auf 121 Millionen Meilen berechnet wird. Ich komme endlich zur Geschwindigkeit des Lichtes. Wie unbegreiflich es immerhin unserm schwachen Verstande vorkommen möge; es ist dennoch lautere Wahrheit, daß nämlich das Licht die jährliche Bewegung der Erde mindestens 10,000 Mal an Geschwindigkeit übertrifft. Von Wem ist denn aber diese unglaubliche Geschwindigkeit erforscht worden, und welcher Mittel hat er sich bei der Ausführung seines gewiß schwierigen Geschäftes bedient?«

Schon Aristoteles dachte über die Geschwindigkeit des Lichtes nach. Ungleich später, fast 2000 Jahre nach jenes Mannes Tode, stellte Galiläi in derselben Absicht zwei Menschen in der gegenseitigen Entfernung von einer Meile auf, gab ihnen leicht brennbare Körper in die Hand, und beauftragte den einen Mann, zu einer bestimmten Zeit die Leuchte anzuzünden, und den andern, mit der seinigen sogleich, da er das Feuer seines Gefährten bemerken würde, ein Gleiches zu thun. Er selbst nahm einen solchen Standpunkt ein, von dem aus er beide Fakkeln sehen konnte. Daß ihn der beschriebene Versuch zu keinem erwünschten Ziele führte, befremdete zwar ihn, kommt aber uns, die wir die Geschwindigkeit des Lichtes kennen gelernt haben, ganz natürlich vor. Keppler legte dem Lichte eine im eigentlichen Sinne unermeßliche Geschwindigkeit bei. Erst im Jahre 1675 veranlaßte über den schon einige Mal erwähnten Gegenstand der Däne Römer vermittels seiner Beobachtungen der Jupitersmonde eine bessere Ansicht.

Derjenige Mond, welcher dem Jupiter am nächsten steht (es hat bekanntlich dieser Planet vier Trabanten), wird bei jedem seiner Läufe um den Planeten regelmäßig verfinstert, und wir können mithin seinen Eintritt in den Schatten desselben als eine Erscheinung betrachten, die in gleichen Zeitabschnitten, nämlich stets nach 42 Stunden 28 Minuten, wiederkehrt. Bliebe nun die Erde immer in derselben Entfernung vom Jupiter, oder pflanzte sich das Licht unendlich schnell fort; so müßten zwischen je zwei unmittelbar auf einander folgenden Eintritten des genannten Trabanten gleiche Zeiten verfließen. Dem ist jedoch nicht so. Genaue, von den Astronomen vielfach angestellte Beobachtungen haben im Gegentheile gelehrt, daß der Eintritt, wann der Abstand der Erde vom Jupiter um etwa 600,000 Meilen größer geworden ist, gegen 15 Sekunden später bemerkt wird. So viel Zeit gebraucht mithin das Licht, um einen Weg von 600,000 Meilen zu durchlaufen. Wer nun weiß, wie es mit der Geschwindigkeit desselben steht, und in welcher Weite die verschiedenen Weltkörper

sich von einander befinden, muß auch berechnen können, daß das Licht der Sonne in 8 Minuten 13 Sekunden, des entferntesten Planeten in 2 Stunden 40 Minuten, des nächsten Fixsternes aber erst nach 6 Jahren zu uns gelangt. Welche Unermeßlichkeit des Weltalls thut sich hier vor unsern Blikken auf! Da es Himmelskörper giebt, die von der Erde um viele Tausend Mal entfernter sind, als der nächste Fixstern; so kann es wol sein, daß sich solche Veränderungen, die wir heute an ihnen wahrnehmen, lange vor denjenigen Zeiten zugetragen haben, in die wir den Ursprung des Menschengeschlechts zu setzen pflegen.

§. 4.

Die Stärke des Lichtes.

Hier stelle ich zwei gleichmäßig brennende Kerzen auf den Tisch unseres verfinsterten Zimmers und halte vor die ihnen gegenüberliegende weiße Wand irgend einen dünnen Körper, beispielsweise einen Bleistift. Und wir machen die Erfahrung, daß die halb erleuchteten Schatten völlig gleich erscheinen, oder daß die Kerzen in ihrer Lichtstärke mit einander übereinstimmen. Nun aber führe ich zwischen jene Wand und die eine Kerze eine Glasscheibe. Indem wir dann zum zweiten Male auf die Schatten sehen, überzeugen wir uns, daß die Glasscheibe das eine Kerzenlicht bedeutend geschwächt hat, und daß wir es daher der Wand, um die Gleichheit der halb erleuchteten Schatten wieder herzustellen, näher rükken müssen. Selbst dieser einfache Versuch spricht für das hier wichtige Gesetz:

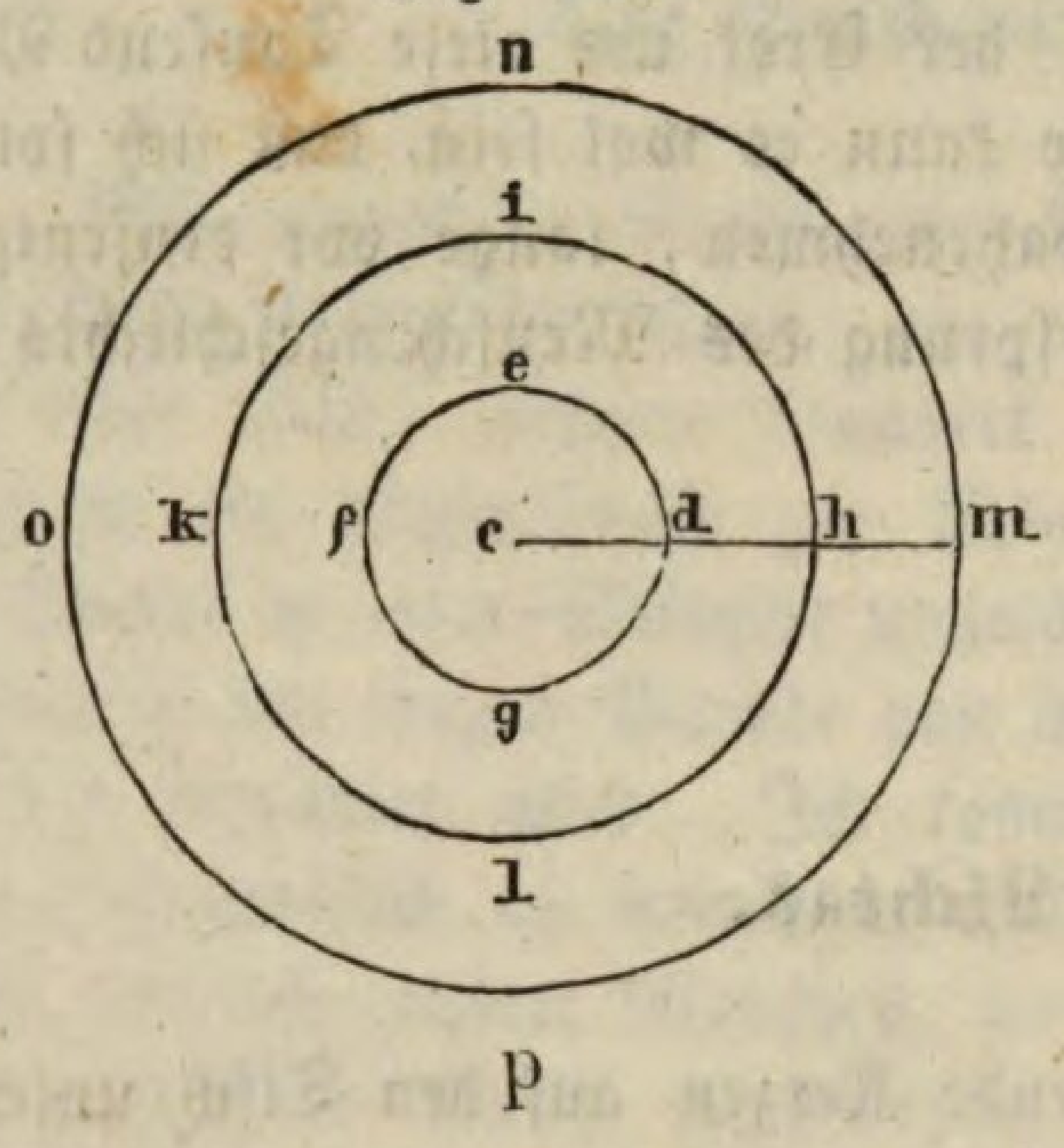
»je durchsichtiger das Mittel ist, desto mehr Stärke besitzt
»das Licht; je undurchsichtiger, desto weniger.«

Als vollkommen durchsichtig dürfen wir nur den Himmelsraum ansehen. Die Luft ist es in so hohem Grade nicht, obgleich wir auch ihr dieselbe Eigenschaft beilegen. Daß das Licht der Sonne, wann letztere am Horizonte steht, sehr geschwächt erscheint, kommt allein daher, daß die untern Luftschichten so überaus reich mit Dünsten begabt sind. »Wißt ihr nun auch, warum ein Licht in einer mit Tabacksqualm angefüllten Stube schlecht brennt? warum wir ferner auf hohen Bergen die Sterne mit schönerm Glanze und auch in größerer Zahl erblikken, als in tiefen Thälern?« Nennet noch andere, hierher gehörige Erscheinungen!

Nachdem ich der Stube das Tageslicht von Neuem geraubt habe, setze ich eine brennende Kerze auf den Tisch, und lege euch die Frage vor: »wo ist die Beleuchtung wol am stärksten?« offenbar da, wo das Licht steht und ganz in der Nähe desselben. Je weiter ihr euch von der Kerze entfernt, desto weniger Helle umgiebt euch auch; ja in den Winkeln der Stube, von denen aus ihr vielleicht 8 bis 10 Schritt machen müßt, ehe ihr bei dem Tische wieder angelangt seid, ist es bereits so dunkel, daß ihr, ohne euern Augen zu schaden, weder lesen, noch schreiben könnt. »Die Stärke des Lichts nimmt daher mit der Entfernung ab.« Wollet ihr erfahren, in welchem Grade Dies erfolgt; so denket euch nur in dem unermeßlichen Raume irgend einen leuchten-

den Punkt frei schwebend, und erwäget dann, wie sich die Strahlen von ihm aus nach allen nur möglichen Richtungen hin verbreiten! Nur auf eine solche Weise erhaltet ihr die hier nothwendige Vorstellung von einer Lichtkugel. —

Fig. 164.



Es sei *c* (Fig. 164) der leuchtende Punkt; ferner *defg* die erste, *hikl* die zweite und *mnop* die dritte Lichtkugel. Vorausgesetzt, die Halbmesser *cd*, *ch* und *cm* verhalten sich so zu einander, wie die Zahlen 1, 2 und 3; dann wissen wir auch (die Geometrie lehrt es), daß die Oberfläche der zweiten Lichtkugel das Vier-, der dritten das Neunfache von der Oberfläche der ersten Lichtkugel ist. Nun werden aber diese Oberflächen von derselben Lichtmenge getroffen; wer könnte daher wol noch an der Richtigkeit des nachstehenden Gesetzes, des unstreitig wichtigsten über die Ausmessung der Lichtstärke, zweifeln?:

»die Stärke des Lichts nimmt, wenn sich dasselbe von **einem** »Punkte aus nach allen Seiten hin gleichmäßig verbreitet, ge»nau in dem Verhältnisse ab, wie die Quadrate der Entfer»nung zunehmen.«

Das Sonnenlicht ist ungefähr so stark, als das Licht von sechs Tausend Kerzen in der Entfernung eines Fußes. Zweierlei wird uns hieraus klar: 1. daß wir bei ihm an der Erd-Oberfläche nie eine Ab- oder Zunahme bemerken können; und 2. daß mit Rücksicht auf dasselbe das ausgesprochene Gesetz nur dann seine Anwendung findet, wenn wir der verschiedenen Planeten gedenken, die es zu erhellen hat.

Dort steht eine weiße, von der Sonne senkrecht beschienene Tafel; sehet sie an! Ganz bestimmt nehmt ihr in ihrer Erleuchtung keinen Unterschied wahr, ihr mögt gerade oder seitwärts auf sie hinblikken; es kommt euch vielmehr beide Mal jeder einzelne Theil derselben gleich blendend, eure Augen in gleichem Grade rührend vor. Allein es wird anders mit ihr, wenn die Sonnenstrahlen sie schräg treffen, d h , wenn sie zu der Lichtquelle eine von jener verschiedene Lage annimmt. Wer nun weiter, während ich ihr recht verschiedene Stellungen gebe, die jedesmalige Beleuchtung scharf ins Auge faßt, kommt wol von selbst zu dem hier obwaltenden Gesetze:

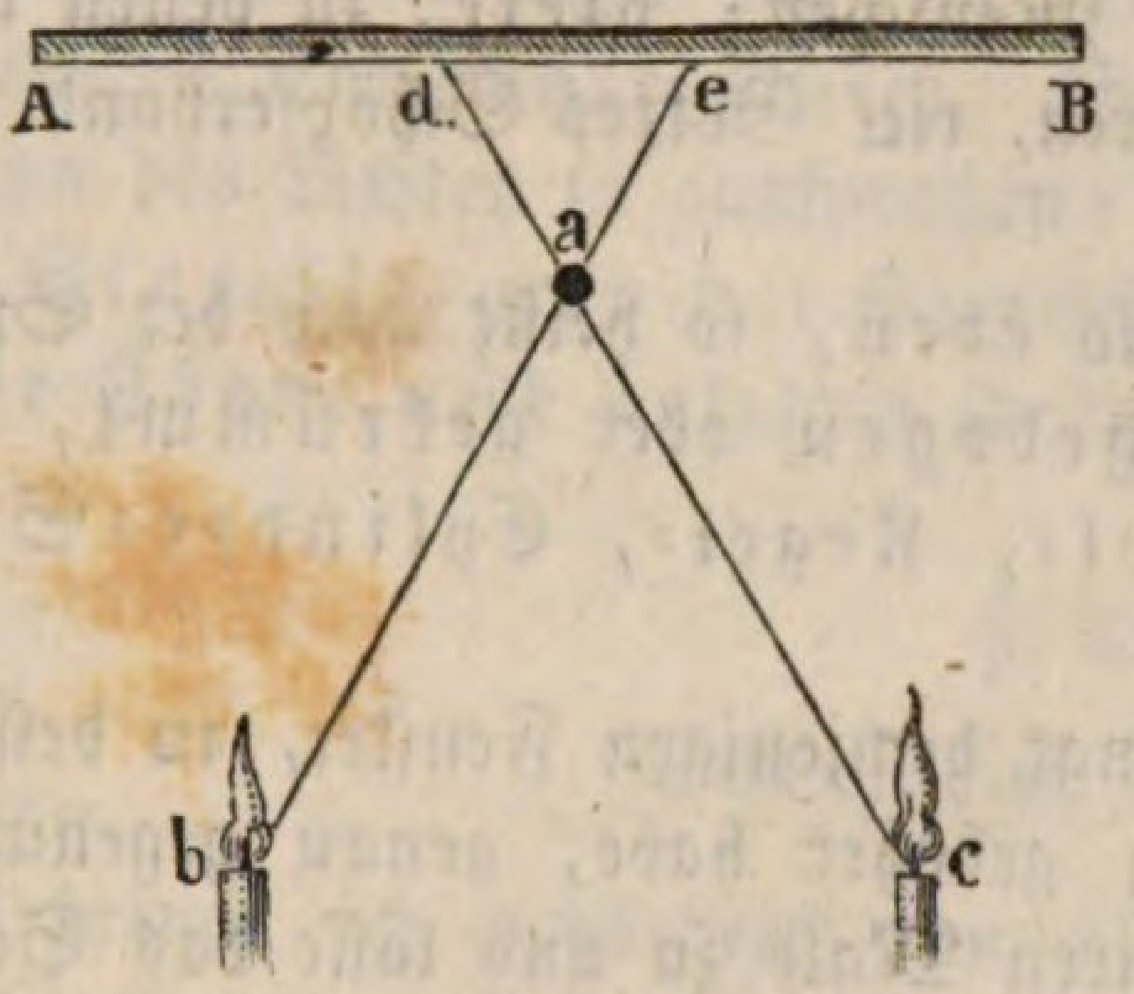
»je spitzer der Winkel ist, unter welchem das Licht auf eine »Ebene fällt; desto weniger Strahlen treffen dieselbe, desto »schwächer wird sie daher auch erleuchtet.«

Anstatt der Umstände noch mehrere zu nennen, von denen der Grad der Erleuchtung abhängt, lenke ich eure Aufmerksamkeit lieber auf die Lichtmesser oder Photometer. —

Das Auge für sich hat bekanntlich ein sehr schwaches Urtheil über die Lichtstärke; das Gedächtniß ferner hält den empfangenen Eindruck nicht fest; ja selbst dann, wenn wir zwei Körper neben einander sehen, können wir nicht mit Bestimmtheit sagen, um wieviel Mal der eine heller sei, als der andere:

wie nöthig ist daher ein sogenanntes Photometer! Für eins der einfachsten und zweckmäßigsten gilt das Photometer Rumford's. Es seien: *AB* (Fig. 165) eine weiße Wand; *a* ein dünnes Stäbchen, etwa ein Bleistift; *b* und *c*, die in ihrer Entfernung von *a* und *AB* mit einander übereinstimmen, zwei gleiche Kerzen. Dreierlei seht ihr sofort ein: 1. daß *AB* zwar im Allgemeinen durch beide Kerzen, allein bei *e* nur durch die Kerze *c* und bei *d* blos durch die Kerze *b* erleuchtet wird; 2. daß der Bleistift *a* bei *d* und *e* zwei Schatten bildet; und 3. daß die Erleuchtung der Stellen bei *d* und *e*, wenn beide Kerzen gleich hell brennen, gleich, hingegen, falls sie eine verschiedene Lichtstärke besitzen, ungleich sein müsse. Vorausgesetzt, *b* sei die hellere Kerze; dann dürfen wir nur, um die Gleichheit der Schatten wieder herzustellen, entweder *c* der Wand *AB* nähern, oder *b* von derselben weiter hinwegbringen. Die verschiedenen Entfernungen beider Kerzen von *AB* für den Fall der Gleichheit der Schatten verschafft uns nun über die Leuchtkraft von *b* und *c* eine sehr genügende Kenntniß. — Ein Beispiel möge euch Dies klarer machen. — Es sei *c* eine Kerze, *b* aber eine Lampe, welche heller leuchtet, als jene, aber, wie die, 10 Fuß von *AB* absteht. Wenn wir nun die Kerze, um die Schatten gleich zu machen *AB* bis auf 4 Fuß näher rükken müssen: so verhalten sich die Lichtstärken der Lampe und der Kerze, wie die Quadrate von 10 und 4, mithin wie 100 zu 16; d. h. die Lampe leuchtet $6\frac{1}{4}$ Mal so stark, als die Kerze.

Fig. 165.



§. 5.

Die Zurückwerfung des Lichtes im Allgemeinen.

Hier steht ein hölzerner, schön polirter Tisch. Ich neige mich, um ihn näher zu betrachten, über ihn hin, und sehe in oder unter demselben meine Gestalt. Dort liegt ein Teich mit klarem, ruhigem Wasser. Daß in ihm sämmtliche Bäume der Ufer abgebildet sind, wißt ihr von den Spaziergängen her, zu denen er euch so oft eingeladen hat. Hier zeige ich euch ferner einen gewöhnlichen Spiegel. Daß ich auch in ihm meine Gestalt wahrnehme, ist euch eben so bekannt, als daß dieselbe ungleich heller und deutlicher hervortritt, als im Wasser. Ich nehme endlich dieses Stück Metall aus einer Flurlaterne in die Hand. Was mir bei ihm besonders auffällt, ist der Umstand, daß mir das Bild, je nachdem ich die vertiefte, oder die erhabene Fläche vor meine Augen halte, bald vergrößert, bald verkleinert vorkommt. Gewiß sind diese, wie auch noch viel andere, ihnen aber ähnliche Erscheinungen einer nähern Untersuchung werth. Bevor ich jedoch weiter gehe, präget euch Folgendes ein!:

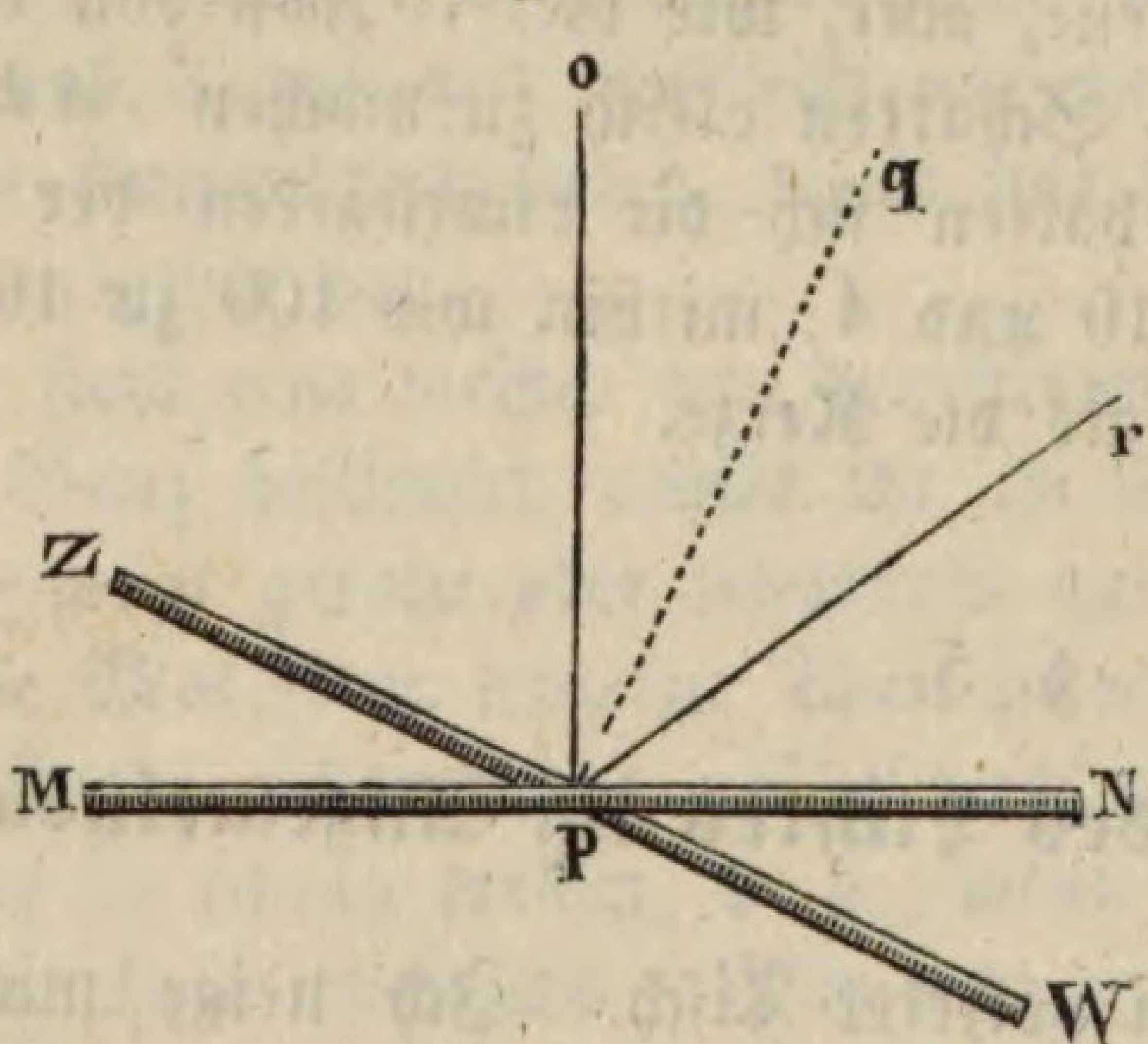
1. Jeder Körper, in oder hinter dem wir Gegenstände sehen, die in ihm selbst nicht enthalten sind, sondern vor oder neben ihm sich befinden, wird ein Spiegel genannt.

2. Wir unterscheiden künstliche und natürliche Spiegel: jene, wie z. B. die Glasspiegel unserer Stuben und die Metallspiegel der Flur- oder Straßenlaternen, sind Werke der Menschen; diese, zu denen unter andern helle, still stehende Gewässer gehören, rief Gottes Schöpferhand unmittelbar hervor.

3. Ist die Oberfläche des Spiegels eben, so heißt auch der Spiegel ein ebener Spiegel; ist sie hingegen gebogen oder gekrümmt, so zählen wir ihn nach Umständen den Kugel-, Kegel-, Cylinder-Spiegeln u. s. w. zu.

Der Glasspiegel dieser Stube hängt demjenigen Fenster, in dessen Laden ich schon früher eine kleine Oeffnung gebohrt habe, genau gegenüber. Ich mache nun sämmtliche Läden zum zweiten Male zu und lasse das Sonnenlicht blos noch durch jenes Loch in die Stube fallen. Und dies Alles thue ich, um euch zu zeigen, daß der die Oberfläche des Spiegels senkrecht treffende Strahl genöthigt ist, in sich selbst zurückzugehen. Ich wiederhole mein Experiment, gebe aber zuvor dem Spiegel eine solche Lage, daß er mit jenem Strahle schiefe Winkel bildet. Wie merkwürdig! anstatt eines Strahles, wie vorhin, sehen wir nun der Strahlen zwei; es ist daher der Weg, den das Licht nach seiner Ankunft auf der Spiegelfläche eingeschlagen hat, ein anderer geworden. Betrachtet endlich die Fig. 166 mit Aufmerksamkeit! —

Fig. 166.



Unter *MN* und *ZW* habt ihr euch zwei verschiedene Stellungen eines Spiegels, unter *op* einen denselben treffenden Lichtstrahl zu denken. Hat der Spiegel die Lage von *MN*, so ist der Weg des einfallenden und des zurückgeworfenen Strahles derselbe; befindet er sich aber in der Lage von *ZW*, so wird *op* in der Richtung von *pr* reflektirt. Hier giebt es für euch nun wieder Vieles zu merken; höret!

1. Der Lichtstrahl heißt so lange, als er seine Richtung noch zur Spiegelfläche hinnimmt, Einfallsstrahl, wird aber, wann ihn dieselbe gleichsam von sich gestoßen hat, Zurückwerfungsstrahl genannt (was ist *op*, was *pr*?).

2. Die Linie, welche den Punkt trifft, wo der Einfallsstrahl den Spiegel berührt, und zugleich auf der Oberfläche des letztern senkrecht steht, führt den Namen Einfallsloth (ist es wol möglich, den Einfallsstrahl, das Einfallsloth und den Zurückwerfungsstrahl in einer Linie anzugeben?).

3. Auch die Winkel, welche die Strahlen mit dem Einfallslothe bilden, erhalten besondere Namen. Wir unterscheiden nämlich den Einfalls- und den Zurückwerfungswinkel: jener hat zu seinen Schenkeln den Einfallsstrahl und das Einfallsloth; hingegen dieser den Zurückwerfungsstrahl und das Einfallsloth (wie heißen beide Winkel in Fig. 166?).

4. Beide Winkel liegen in derselben Ebene und sind, was vorzugsweise wichtig ist, einander gleich. So läßt sich denn der Allgemeinsatz über die Reflexion des Lichtes so aussprechen:

»der Einfalls- und der Zurückwerfungswinkel fallen in dieselbe Ebene und besitzen stets eine gleiche Größe.«

§. 6.

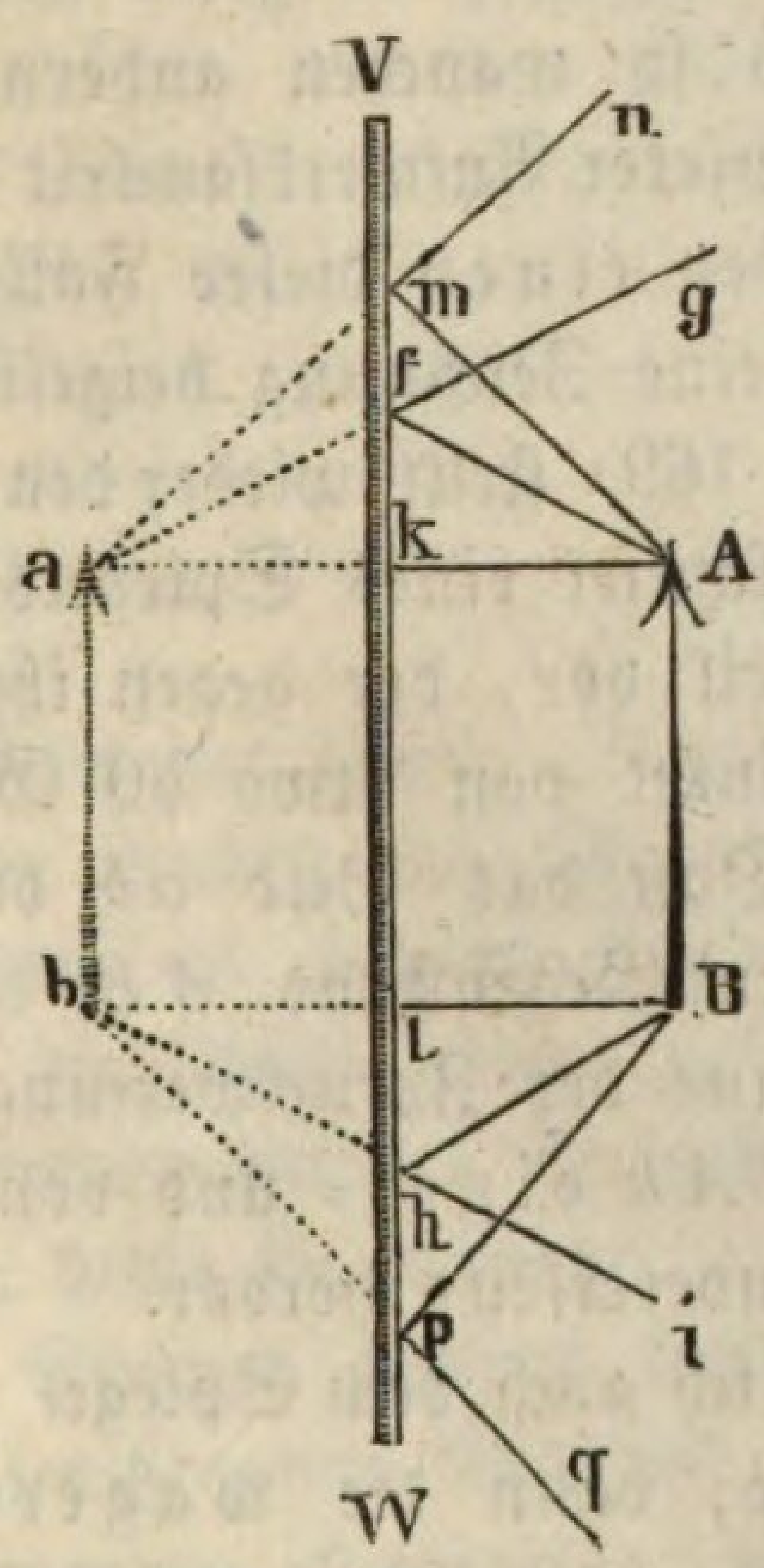
Der ebene Spiegel.

Heute bringe ich zuvörderst den einen meiner ebenen Spiegel in die lothrechte Stellung, und halte hierauf diesen kleinen Pfeil 1. senkrecht; 2. geneigt, und zwar unter einem Winkel von 45 Graden; und 3. wagerecht vor seine Oberfläche hin. »Wie steht es wol dabei mit folgenden Behauptungen?«

1. Unter den bezeichneten Umständen nehmen wir auch das Bild 1. in senkrechter, 2. in geneigter und 3. in horizontaler Lage wahr.

2. Es ist ferner dem Gegenstande vollkommen ähnlich; auch befindet es sich genau so weit hinter dem Spiegel, als jener vor demselben. — Der einzige hierbei obwaltende Unterschied besteht darin, daß im Spiegel die rechte Objects-Seite links, die linke rechts erscheint. —

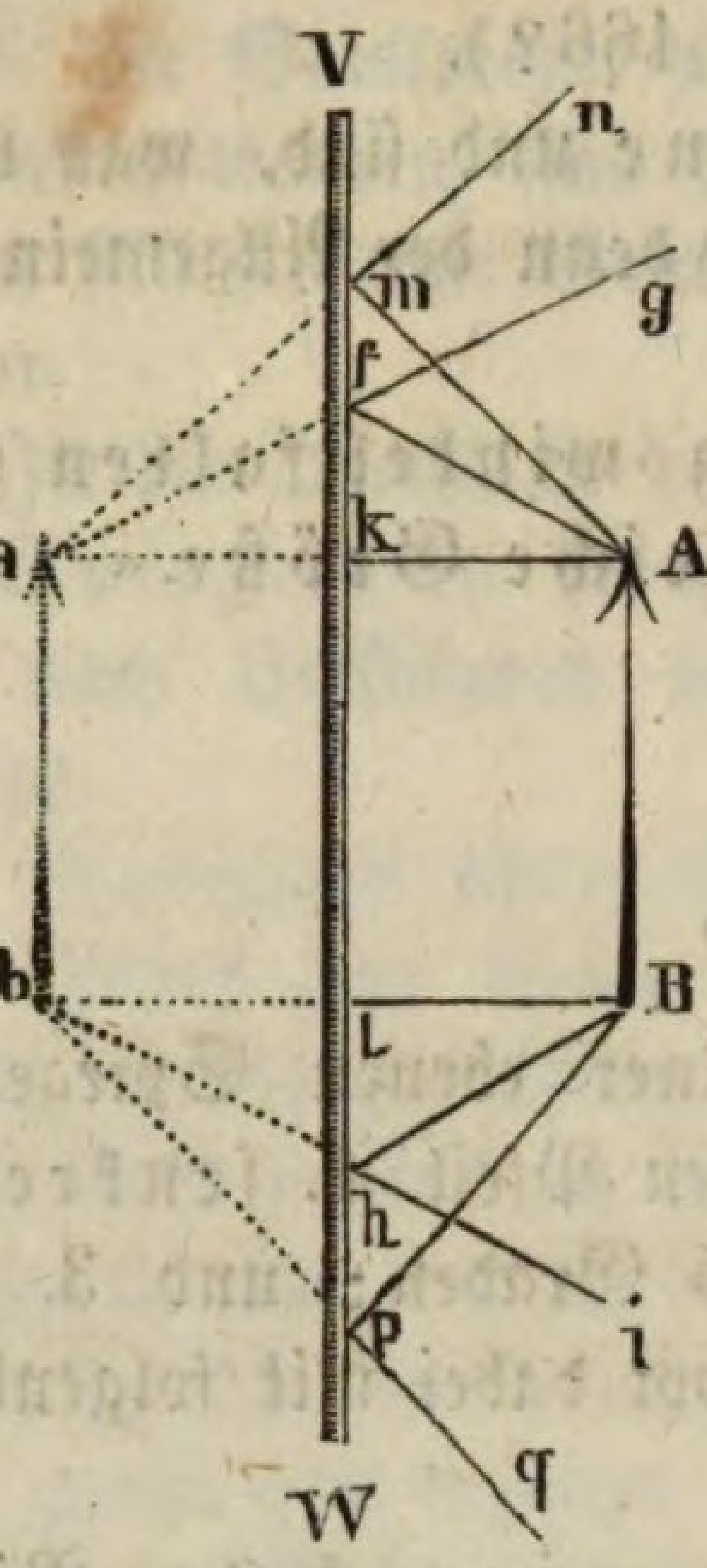
Fig. 167.



Es sei in Fig. 167 *VW* ein senkrechter Durchschnitt eines ebenen Spiegels; ferner *AB* ein selbstleuchtender, oder auch ein erleuchteter Gegenstand, beispielsweise wieder ein kleiner Pfeil, vor demselben. Letzterer sende seine Lichtstrahlen nach allen Richtungen hin. Vorausgesetzt, *Af* und *Am* seien zwei den Spiegel treffende Strahlen; »muß dann nicht *Af* nach *fg* und *Am* nach *mn* reflektirt werden?« offenbar; denn nur unter diesen Umständen verhalten sie sich dem Grundgesetze der Katoptrik gemäß. Der Strahl *Ak*, welcher mit *Af* und *Am* von einerlei Punkte des Pfeiles ausgeht, nimmt weil er die Spiegelfläche senkrecht trifft, vor- und rückwärts denselben Weg. Sämmtliche Zurückwerfungsstrahlen endlich, nämlich *fg*, *mn* und *kA* vereinigen sich, hinreichend verlängert, im Punkte *a*. So muß es denn jedem Auge vor dem Spiegel, welches die Strahlen *fg*, *mn* und *kA* empfängt, ganz so sein, als liefen sie von dem Punkte *a*

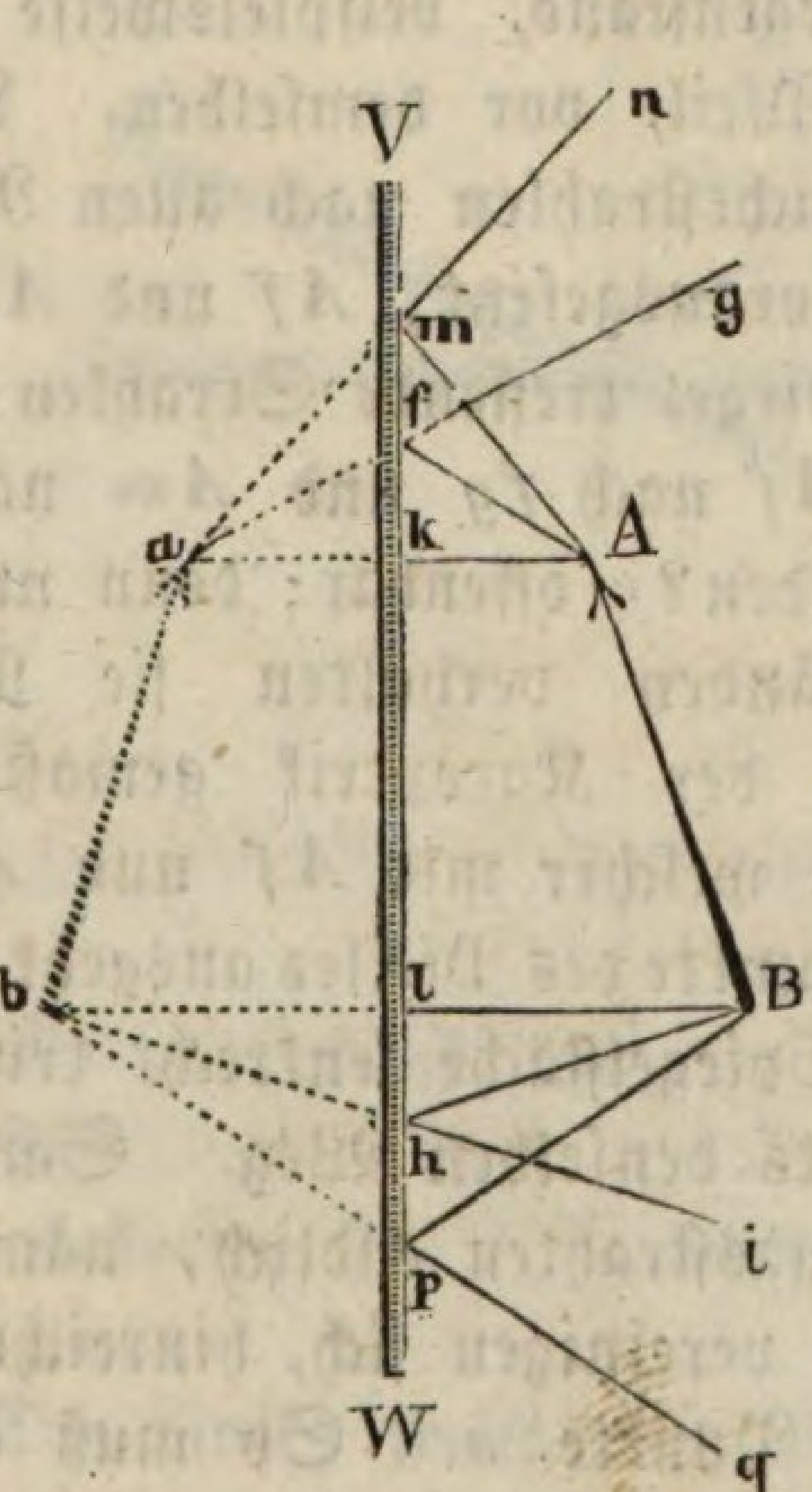
hinter der Spiegelfläche aus. Es sieht auch den Punkt *A* wirklich in *a*, d. h., *a* ist ihm das Bild von dem obersten Punkte des vor den Spiegel gestellten Pfeiles. Wie *a* zu *A* sich verhält, so *b* zu *B*. Gesonnen, euch hiervon zu überzeugen, dürft ihr nur die Einfallsstrahlen *Bl*, *Bh* und *Bp* mit ihren Zurückwerfungsstrahlen *lB*, *hi* und *pq* betrachten; sie sprechen übrigens zu klar für jene Behauptung, als daß ich selbst nur einige Beweisworte hinzuzufügen hätte. »Wo malen sich wol aber die andern, zwischen *A* und *B* gelegenen Punkte ab?« Wie bei dem Pfeile selbst, fallen sie auch bei dessen Bilde zwischen die Endpunkte *a* und *b*. Wollt ihr schnell finden, wo sich ein Punkt irgend eines Gegenstandes abmalt; so errichtet nur von ihm aus auf den Durchschnitt des Spiegels eine Linie rechtwinklig, und verlängert sie so weit, daß die Stükke vor und hinter demselben eine gleiche Länge besitzen! Der Endpunkt des jenseitigen Stükkes ist der zu suchende Ort. Vorausgesetzt, daß ihr mit der Kongruenz oder Gleichähnlichkeit der Dreiekke bekannt seid, seht ihr gewiß ein, wie bei dem vorgeschriebenen Verfahren der Einfallswinkel gleich dem Zurückwerfungswinkel ist.

Fig. 168.



Bisher haben wir immer nur den Fall betrachtet, bei welchem sich Spiegel und Gegenstand zugleich in lothrechter Stellung befinden; es giebt aber außer ihm noch so manchen andern, der nicht minder unserer Aufmerksamkeit werth ist. Nur für den einen dieser Fälle seht ihr hier noch eine Zeichnung beigefügt.

Fig. 169.



VW (Fig. 169) stellt wieder den senkrechten Durchschnitt eines Spiegels, und *AB* einen Pfeil vor, der gegen ihn unter einem Winkel von etwa 60 Graden geneigt ist. Daß das Bild *ab* dieselbe Lage, wie der Gegenstand *AB*, haben müsse, geht aus der Zurückwerfung von *Af*, *Am* und *Ak* einer- und von *Bh*, *Bp* und *Bl* andererseits hervor.

Nun gebe ich auch dem Spiegel zuerst die geneigte, dann die wagerechte Lage und bringe jedes Mal meinen Pfeil in den drei bezeichneten Stellungen zu ihm hin. Bei der geneigten Lage ist das Bild: 1. wagerecht, 2. geneigt

und 3. senkrecht; bei der wagerechten: 1. senkrecht, 2. geneigt und 3. wagerecht. Sehr seltsam nimmt es sich aus, wenn ich den Spiegel schräg gegen den Tisch halte und auf diesem eine Kugel rollen lasse; es steigt nämlich letztere auf der lothrecht abgebildeten Fläche in die Höhe.

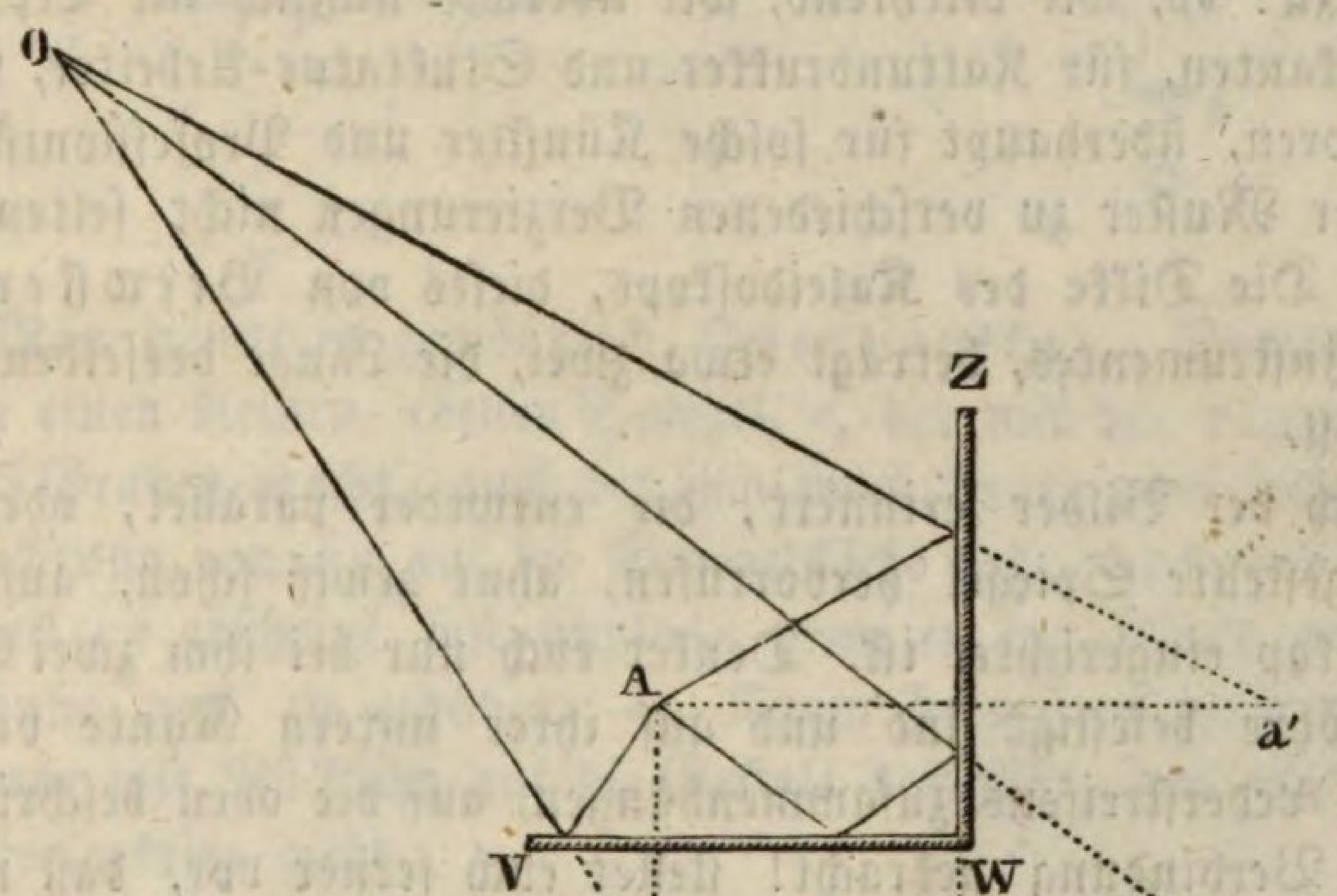
Noch mache ich einige andere Versuche. — Zuvörderst stelle ich meine beiden ebenen Spiegel unter beliebigen Winkeln an einander und zwischen sie jedes Mal irgend einen Gegenstand, beispielsweise eine angezündete Kerze. So gelangen wir denn zu dem Allgemeinsatze:

»das Bild vervielfältigt sich, und kommt überhaupt so oft »Mal weniger **ein** Mal vor, als die Anzahl der Grade des »Winkels, welchen die Spiegel mit einander bilden, in 360 »enthalten ist.«

Es erscheint mithin bei einem Winkel von 120 Graden zwei, von 90 Graden drei, von 72 Graden vier, von 60 Graden fünf Mal u. s. w. Bringe ich zuletzt die Spiegel einander parallel gegenüber und die brennende Kerze nach voriger Weise zwischen sie, so ist die Reihe der Bilder eine unendliche.

Zur nähern Erklärung der räthselhaften Erscheinungen, welche zwei unter einem Winkel zusammenstoßende Spiegel hervorrufen, diene Fig. 170. —

Fig. 170.



VW sei der eine, *WZ* der andere Spiegel-Durchschnitt; *A* ferner ein leuchtender Punkt, der sich zwischen beiden Spiegeln befindet; *VWZ* endlich ein Rechtwinkel, den die Spiegel mit einander machen. »Wo präsentiren sich nun wol die Bilder von dem Punkte *A*?« zuvörderst in *a* und *a′*. Ueber den Standort und die Entstehung dieser beiden Bilder könnt ihr unmöglich unklar sein; denn sie kommen ja solchen Bildern gleich, die auch hinter jedem einzelnen Spiegel gesehen werden. Wir treffen ferner aber auch in *a″* ein Bild des leuchtenden Punktes. Wer wissen will, wie noch dieses Bild hervorgerufen worden ist, erwäge, daß der Spiegel *WZ* auch die Strahlen zurückwirft, welche scheinbar von dem Bilde *a* ausgehen, u. s. w.! Die Lage von *a″* bestimmt, wie hier überall, das Grundgesetz der Katoptrik. — »Wer findet nun wol die Bilder *A*, wenn der Winkel *VWZ* 72, 60 oder 45 Grade be-

trägt? und wer weiß ferner darzustellen, daß die Reihe der Bilder, wenn die Spiegel eine parallele Lage zu einander haben, eine unendliche sein müsse?« Die Ursache davon, daß jedes nachfolgende Bild schwächer, als das ihm vorangehende, erleuchtet ist, liegt allein in der immer geringern Anzahl reflektirter Strahlen.

§. 7.

Einige, hauptsächlich auf dem ebenen Spiegel beruhende Instrumente.

a. Das Kaleidoskop.

Das Kaleidoskop ist mit Recht ein Schönheitsgukker. Indem ich es euch nun in die Hände gebe, drehet es nur ununterbrochen und betrachtet dabei sein Inneres mit Aufmerksamkeit! »O, wie schön, wie herrlich! da könnte ich stundenlang hineinsehen und würde doch nicht müde werden.« In solche Worte ergießt ihr euch wol über die lieblich gefärbten, höchst regelmäßig geordneten Bilder, die es gleichsam in unzähliger Menge hervorzaubert. Und ich füge hinzu: »o, wie belehrend, wie überaus nützlich für Teppich- und Tapeten-Fabrikanten, für Kattundrukker und Stukkatur-Arbeiter, für Strohflechter, Konditoren, überhaupt für solche Künstler und Professionisten, die wegen abwechselnder Muster zu verschiedenen Verzierungen nicht selten in Verlegenheit sind.« Die Dikke des Kaleidoskops, dieses von Brewster in Edinburg erfundenen Instrumentes, beträgt etwa zwei, die Länge desselben ungefähr acht bis zehn Zoll.

Wer sich der Bilder erinnert, die entweder parallel, oder unter einem Winkel aufgestellte Spiegel hervorrufen, ahnt gewiß schon, auf welche Weise das Kaleidoskop eingerichtet ist. Denket euch nur bei ihm zwei Spiegel, welche in einer Röhre befestigt sind und auf ihrer untern Kante vermittels eines Papp- oder Lederstreifens zusammenhängen, auf die oben beschriebene Weise in gegenseitige Verbindung gebracht! stellet euch ferner vor, daß mehrere Stücklein von farbigen Steinen, Glassplittern, Kronenblättchen und noch so manchen andern kleinen Dingen, die eine aus zwei runden Glasscheiben bereitete Kapsel in sich faßt, sogleich, da das Instrument gedreht wird, in die verschiedenste Lage kommen! und seht! ihr seid mit der Ursache zu den schönen Erscheinungen im Kaleidoskop, welche durch die unendliche Mannigfaltigkeit im Wechsel der Anordnungen einen stets erneuerten Reiz gewähren, genügend bekannt. — Um für den Zeichner die artigen Bilder, welche sich schon bei der geringsten Bewegung verändern und nie wieder auf dieselbe Art herstellen lassen, sicherer festzuhalten, haben die Künstler in neuerer Zeit das Kaleidoskop mit einem Stative begabt.

b. Das Zauber-Perspektiv.

Ich reiche euch nun ein zweites, nicht minder interessantes Instrument dar. Sein Name ist Zauber-Perspektiv. So prüfet denn, ob es euch

möglich sein werde, vermittels desselben scheinbar durch ein Brett, eine Hand u. dgl. zu sehen. Auch nicht Einer bezweifelt es. Wie das räthselhafte Instrument innen beschaffen ist, lehrt genügend das Bild, welches ich hier von ihm beigesetzt habe. — *bdgi* (Fig. 171) stellt die vierkantige, zusammengesetzte Röhre dar; *bc*, *de*, *fg* und *hi* sind ebene Spiegel, die sich gegen die wagerechte Linie *ak* unter einem Winkel von 45 Graden neigen. Mehr bedarf es wol nicht, um zu wissen, welchen Weg ein bei *ok* in die Röhre tretender Lichtstrahl verfolgen muß. Es beruht ja Alles auf dem Grundgesetze der Katoptrik.

Habt ihr Lust, Menschen, ohne sie es wahrnehmen zu lassen, zu beäugeln; so bereitet euch nur ein solches Zauber-Perspektiv, wie es die 172ste Figur

Fig. 171.

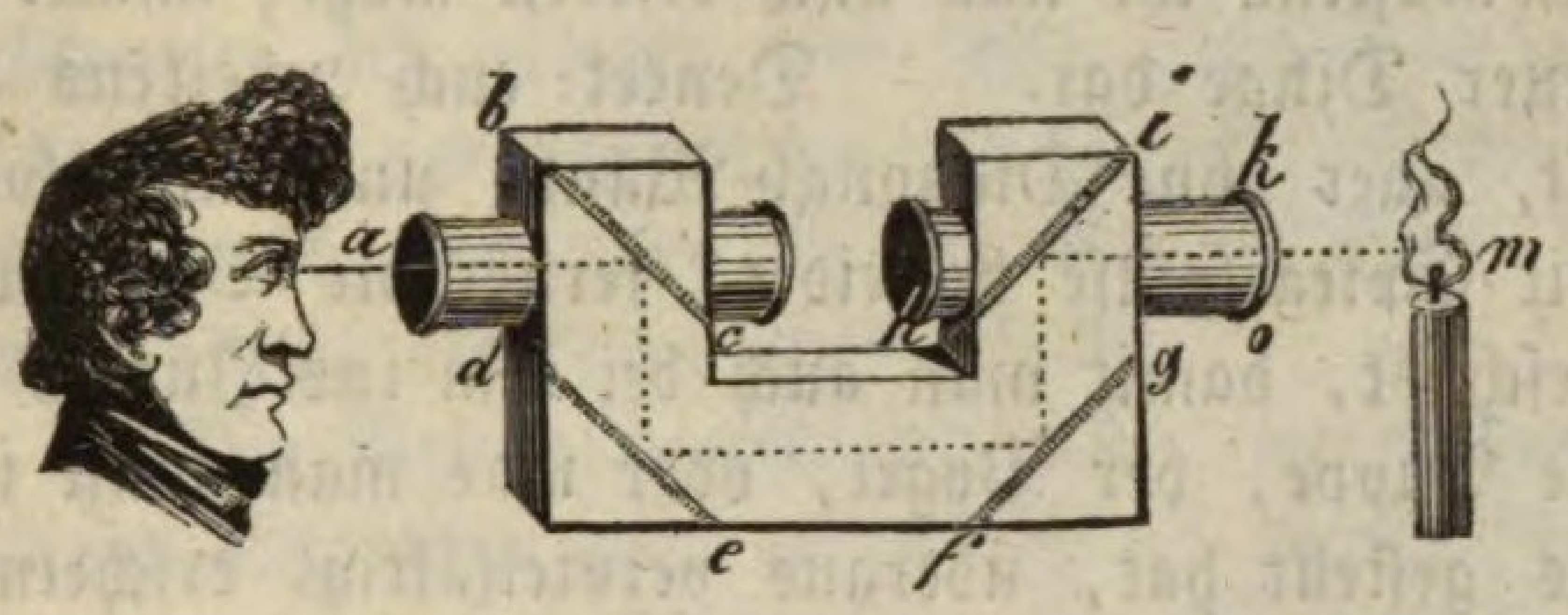
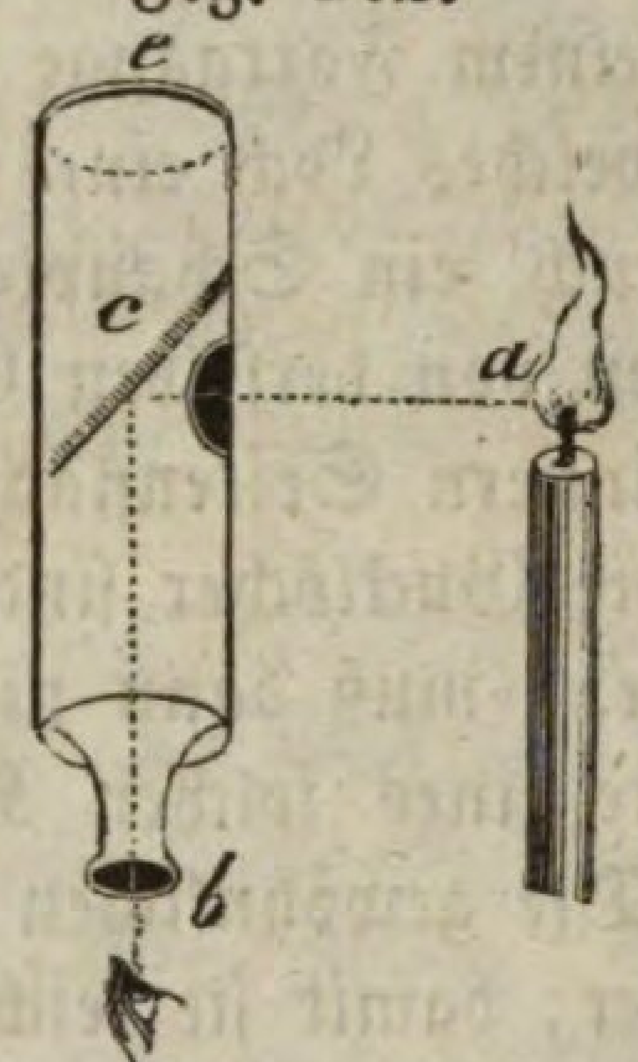


Fig. 172.



vorschreibt. Man nennt es gewöhnlich Operngukker. Dasselbe besitzt in seinem Innern einen kleinen, ebenen Spiegel, *c*, der mit der Längenlinie einen Winkel von 45 Graden macht; auch bei ihm wird ferner jeder Lichtstrahl, welcher in der Richtung von *ac* auf die Spiegelfläche fällt, nach *b* hin geworfen. Der Röhrentheil *ce* erscheint fast nutzlos; denn er hat keinen andern Zweck, als die Täuschung noch zu erhöhen. — Kaum bedarf es einer Erwähnung, daß es, besonders mit Rücksicht auf die Gestalt derselben, noch verschiedene andere Zauber-Perspektive giebt.

c. Der Guck- oder Spiegelkasten.

Wer zu einem Wandspiegel tritt, und seinen Standort, während er stets die polirte Oberfläche im Auge behält, auf sehr mannigfache Weise ändert, überzeugt sich, daß er nicht überall dieselben Bilder zu sehen bekommt, und daß überhaupt sämmtliche Erscheinungen auf der Lage beruhen, in welcher er sich zu dem Spiegel befindet. Erblickt er z. B., wenn er gerade vor ihm steht, einen Tisch; so stellt sich ihm vielleicht, wenn er etwas auf die Seite getreten ist, der Ofen, ein Bettgestell u. dgl. dar. Die Ursache hiervon liegt nahe. Das Auge kommt, weil er seinen Standort bald hier, bald dort nimmt, in die Richtung immer neuer Reflexions-Strahlen, und es müssen daher die Gegenstände, deren Bilder er hinter dem Spiegel erblickt, mit einander abwechseln.

Auf die so eben angegebene Eigenthümlichkeit gründen sich die verschieden-

artigen Guck- oder Spiegelkasten, deren Erscheinungen wol auch euch nicht fremd geblieben sind. Je nachdem ihr in das eine, oder andere Loch seht, mit denen die eine ihrer Seitenwände begabt ist, gewahrt ihr das Bild bald dieses, bald jenes Gegenstandes. Ich begnüge mich hier, euch zwei der gewöhnlichsten Spiegelkasten zu beschreiben.

Ein Kasten, der die Gestalt eines senkrechten, vierekkigen Prisma's besitzt, wird zuerst durch Diagonal-Wände, die sich alle in seiner Achse schneiden, in so viel dreiekkige Zellen getheilt, als Seitenflächen da sind; dann bedeckt man beide Seiten jener Wände mit Spiegelglas und versieht jede Zelle mit einem besondern Gegenstande; nun bohrt man in die Seitenflächen des Kastens einige Löcher; zuletzt beschenkt man die Oberfläche desselben mit dünnem Pergament, oder auch mit Leinwand, im Allgemeinen mit einem Ueberzuge, der dem Lichte auf seinem Fortgange zum eingeschlossenen Raume nicht störend entgegentritt. In welches Loch eines solchen Kastens ihr nun auch blikken mögt; immer stellt sich euch ein Schauplatz neuer Dinge dar. — Denket euch zweitens einen Kasten von derselben Gestalt, aber ohne Diagonal-Wände und auch blos auf den innern Seitenflächen mit Spiegelglase bekleidet! ferner die Belegung da, wo die Gucklöcher sind, abgeschabt, damit man auch bei ihm ins Innere sehen könne! »muß dann nicht die Puppe, der Vogel, oder was man sonst in die Mitte eines solchen Kastens gestellt hat, überaus vervielfältigt erscheinen?« — Die gewöhnlichen Guckkasten werden durch Kerzenlicht erleuchtet, und die Bilder, damit sie leicht wechseln und sich auch zu bewegen scheinen, auf Walzen gerollt. —

Ungleich wichtiger, als das Kaleidoskop, die Zauber-Perspektive und der Spiegelkasten, sind zwar allerdings der Spiegel-Sextant, die Kristall-Winkelmesser u. s. w.; allein eine Beschreibung dieser Instrumente gehört nicht in ein Buch, wie das vorliegende.

§. 8.

Der gekrümmte Spiegel.

a. Der gekrümmte Spiegel im Allgemeinen.

Des Metallstücks, welches ich euch hier vorzeige, habe ich mich schon ein Mal bedient; es ist bekanntlich der Spiegel aus einer großen Laterne. Ehe ich euch nun weiter untersuchen lasse, welche Bilder es von irgend einem Gegenstande hervorruft, präge sich ein Jeder über die Spiegel mit gekrümmten Oberflächen Folgendes ein!

1. Die gewöhnlichen, wenngleich nicht besten Spiegel dieser Art sind kleine Kugelabschnitte*). — Von Kegel- und Cylinder-Spiegeln erwähne ich beiläufig, daß in ihnen alle Dinge sich verzerrt abbilden,

*) Die vollkommensten gekrümmten Spiegel sind die parabolischen, d. h. solche, welche die Künstler nach der Parabel, einer der höhern Mathematik angehörigen krummen Linie, gebildet haben.

und daß wir für sie eigene Gemälde haben, die in demselben Verhältniß in die Breite gehen, in welchem sie von der polirten Oberfläche in die Länge gezogen werden. Nur von solchen Gemälden sehen wir in Kegel- und Cylinder-Spiegeln regelmäßige Bilder.

2. Der Mittelpunkt, der Halb- und der Durchmesser derjenigen Kugel, von welcher der Spiegel einen Theil ausmacht, wird auch dessen geometrischer Mittelpunkt, Halb- und Durchmesser genannt.

3. Ist ein gekrümmter Spiegel auf der innern, vertieften Fläche polirt, so heißt er ein concaver oder Sammel-, ist er es hingegen auf der äußern, erhabenen Fläche, ein convexer oder Zerstreuungsspiegel. Fast alle Spiegel mit gekrümmten Oberflächen sind Sammel- und Zerstreuungsspiegel zugleich. Worin übrigens die Benennungen Sammel- und Zerstreuungsspiegel ihren Grund haben, erfahren wir, wenn wir nach einander die vertiefte und die erhabene Fläche gegen die Sonne kehren: bei jener durchkreuzen sich nämlich nach ihrer Zurückwerfung sämmtliche Strahlen, die mit der Achse parallel laufen, in einem gewissen Punkte; bei dieser hingegen werden sie so nach allen Seiten hin reflektirt, als kämen sie aus einerlei Punkte hinter der spiegelnden Fläche.

4. Der Vereinigungspunkt aller von einem concaven Spiegel zurückgeworfenen Strahlen liegt in der Mitte des Halbmessers, und führt aus Gründen, die euch in dem Abschnitte über die Wärme mitgetheilt worden sind, den Namen Brennpunkt. Er ist übrigens kein geometrischer Punkt, sondern eine Linie (Brennlinie), deren Länge von der verschiedenen Krümmung der Spiegel abhängt. Nur solche Strahlen, welche ganz nahe bei der Achse einfallen, werden nach der Mitte des Halbmessers, hingegen andere, von jener Linie mehr entfernte, in einen der Spiegelfläche näher liegenden Punkt reflektirt. Die Entfernung des Brennpunktes vom Spiegel heißt die Brennweite. Kein Zerstreuungsspiegel besitzt einen wirklichen, jeder vielmehr nur einen eingebildeten Brennpunkt.

5. Unter der Achse eines gekrümmten Spiegels verstehen wir diejenige unbegrenzte Linie, welche sowol den Brenn-, als auch den Mittelpunkt in sich aufnimmt. Durch sie wird auch das optische Centrum bestimmt. Letzteres ist derjenige Punkt im Spiegel selbst, von dem alle Punkte des Umfanges gleich weit entfernt sind.

6. Die Namen Einfalls- und Zurückwerfungsstrahl, Einfalls- und Zurückwerfungswinkel werden bei gekrümmten Spiegeln eben so gebraucht, als bei ebenen; auch bleibt das früher ausgesprochene Grundgesetz über die Reflexion des Lichtes für alle Arten gekrümmter Spiegel dasselbe.

b. Der gekrümmte Spiegel als Sammelspiegel.

Hier ist ein kleiner Sammelspiegel und ganz nahe vor ihm eine seiner Größe angemessene brennende Kerze. Indem ihr nun auf ihn eure Blikke richtet, gewahrt ihr, daß das Bild der Kerze zwar aufrecht steht, diese aber an Größe übertrifft, und daß es ferner auch etwas weiter hinter dem Spiegel

ist, als sie vor demselben. — Ich führe die Kerze 2. dem Brennpunkte näher. Noch behauptet das Bild sowol seine aufrechte Lage, als auch seinen Standort auf der entgegengesetzten Seite; allein an Größe und Entfernung hat es bedeutend zugenommen. — Nachdem ich die Kerze 3. genau auf den Brennpunkt gebracht habe, ist das Bild verloren gegangen; nur ein verworrener Lichtschein in unendlicher Ferne weist auf dasselbe einiger Maßen zurück. — Die Kerze nehme 4. ihre Stelle außerhalb der Brennweite, doch aber dem Brennpunkte noch ziemlich nahe. Und sehet! es zeigt sich das Bild von Neuem, allein jetzt nicht mehr hinter, sondern vor dem Spiegel; ferner verkehrt, und um so größer, je näher die Kerze dem Brennpunkte steht. — Im geometrischen Mittelpunkte fallen 5. Bild und Gegenstand zusammen. — Zuletzt entferne ich die Kerze so weit vom Spiegel, als es irgend möglich ist, und so nehmt ihr denn das Bild ganz in der Nähe des Brennpunktes wahr. — Diesem Allen füge ich vorläufig hinzu:

»1. Der Brennpunkt ist ein Bild der Sonne.«

»2. Nur die Bilder vor dem Spiegel erscheinen als wahre Luftbilder, d. h. als solche, in welchen sämmtliche Strahlen, die von einerlei Punkte des Gegenstandes ausgegangen sind, wirklich in einem Punkte des Bildes wieder vereinigt werden.«

»3. Die Bilder hinter dem Spiegel werden geometrische Bilder genannt.«

Bringe ich irgend einen Körper, beispielsweise einen Bogen weißes Papier, an die Stelle, wo sich das Luftbild präsentirt; so wird derselbe mit allen Farben, welche das Bild selbst zieren, erleuchtet. Gewöhnlich fangen wir ein solches Luftbild an einer dem Spiegel entgegengesetzten weißen Wand auf.

Zur Erläuterung derjenigen Bilder, welche durch Sammelspiegel entstehen, sollte ich euch zwar viele Figuren entwerfen; allein ich beschränke mich auf die beiden Fälle, wo der Gegenstand seinen Standort 1. zwischen dem Brennpunkte und dem Spiegel und 2. zwischen jenem Punkte und dem Mittelpunkte genommen hat.

In den Fig. 173 und 174 stellt *VW* einen auf seiner concaven Fläche polirten Spiegel, *C* den geometrischen Mittelpunkt, *F* den Brennpunkt, *o* das optische Centrum, und *AB* einen Pfeil dar, der sich in Fig 173 innerhalb der Brennweite, in Fig. 174 aber zwischen dem Brennpunkte und dem geometrischen Mittelpunkte befindet. Weiß ich bei ihnen nur den Ort zu finden, wo sich *A* abmalt; so kenne ich zugleich alles Andere, was bei dem Bilde von Wichtigkeit ist. »Wie aber finde ich wol jenen Ort auf dem kürzesten Wege?« — Ziehe ich von *C* über *A* nach dem Spiegel die Linie *CAn*; so wird sie rechtwinklig auffallen, und ein Lichtstrahl, *An*, in derselben Richtung, in welcher er ankam, zurückgeworfen werden. Das Bild des Punktes *A* muß sich also nothwendig auf der Verlängerung von *An* befinden. Ein Strahl ferner, der auf den Spiegel parallel mit der Achse einfällt, hier *Ae*, wird aber bekanntlich nach dem Brennpunkte *F* reflektirt; das Bild des Punktes *A* muß

sich also auch auf der Verlängerung der Linie *Fe* befinden: folglich ist das gesuchte Bild da, wo sich die Verlängerungen von *An* und *Fe* schneiden. Der Durchschnittspunkt jener beiden Linien, *a*, liegt nun bei Fig. 173 hinter, bei Fig. 174 vor dem Spiegel. Mehr bedarf es nicht, euch zu überzeugen, daß der Pfeil *AB* nothwendig die Bilder geben muß, welche ich eben entworfen habe. — Indem ich euch schließlich auffordere, noch für einige andere Fälle

Fig. 173.

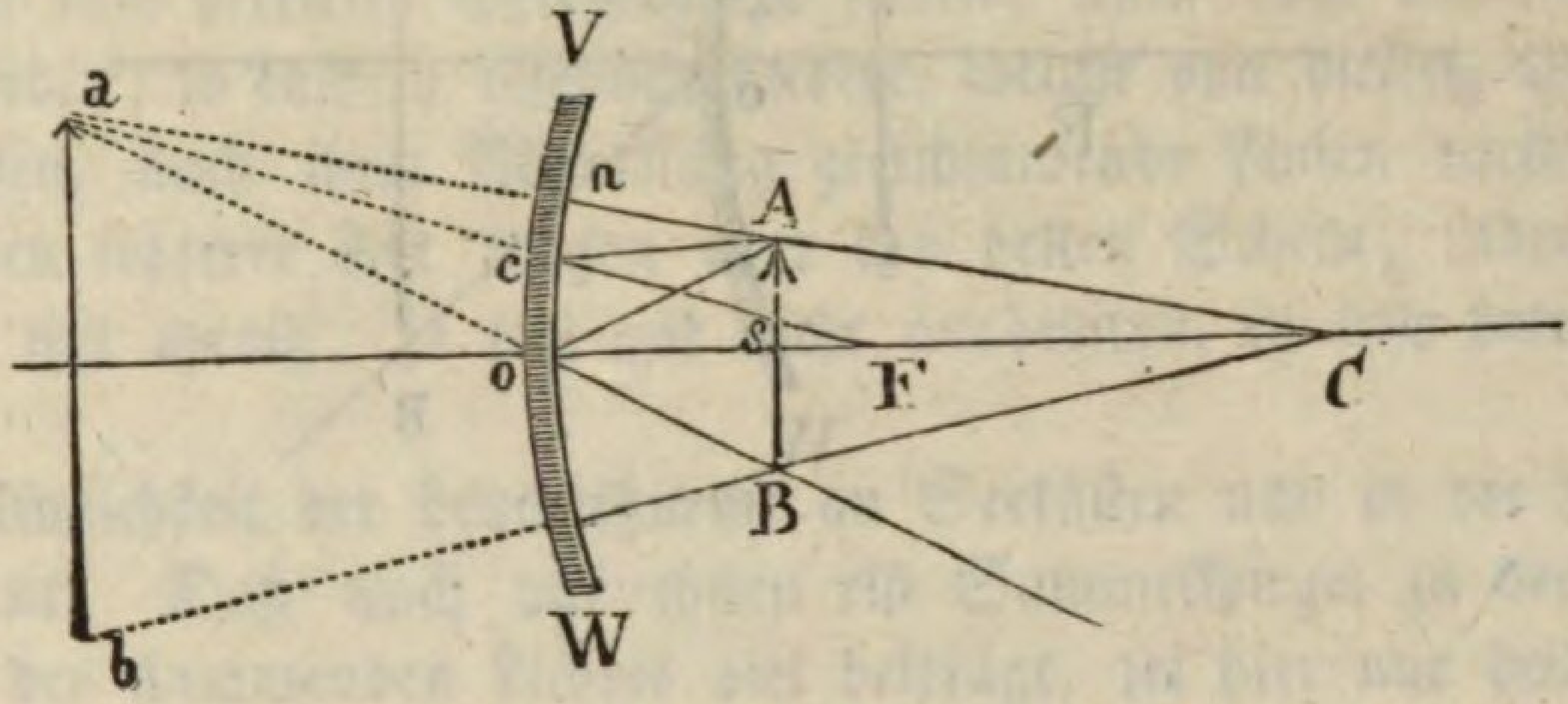
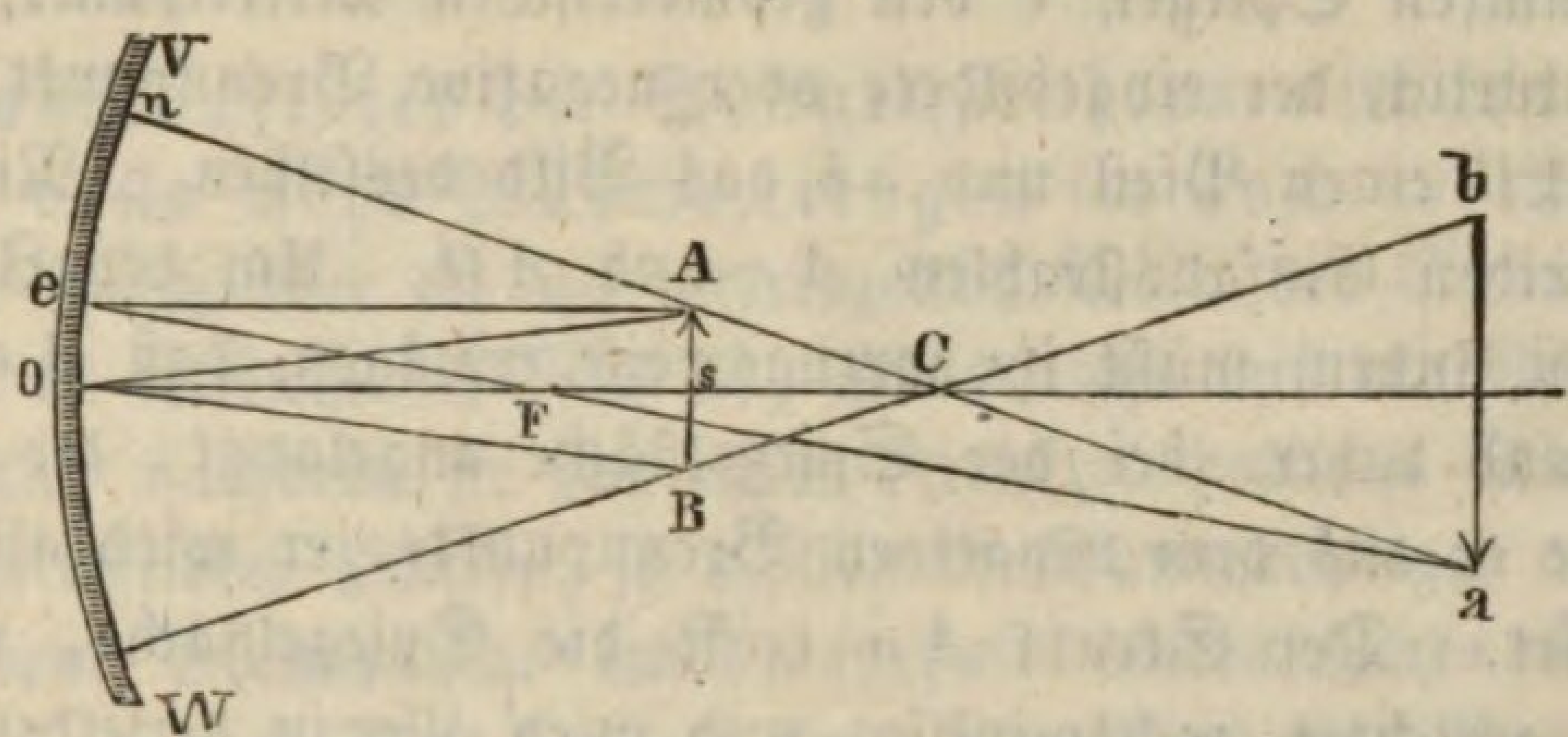


Fig. 174.



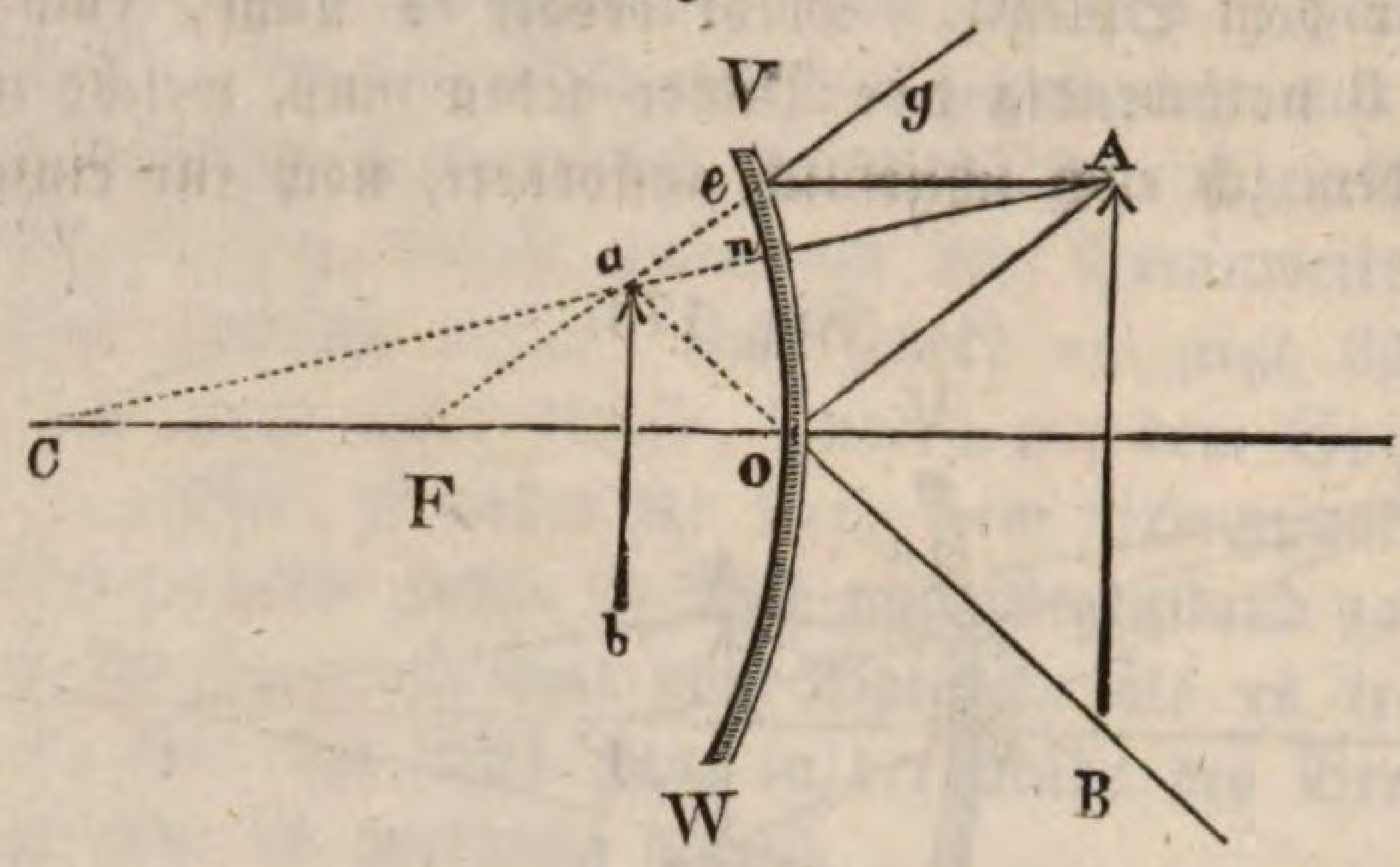
die Figuren zu zeichnen, vergesset nur hauptsächlich zweierlei nicht: 1. wir finden die Stelle, wo sich ein Punkt optisch abbildet, schon dann, wenn wir auch blos von zwei Reflexions-Strahlen desselben die Richtung kennen; und 2. die Lage des Bildes hängt von der Lage des Gegenstandes ab. — Liegt der Gegenstand zwischen dem Spiegel und dem Brennpunkte, so erhalten wir hinter dem Spiegel ein aufrechtes, vergrößertes Bild (Fig. 173); liegt er aber zwischen dem Brenn- und dem geometrischen Mittelpunkte (Fig. 174), vor dem Spiegel ein verkehrtes, vergrößertes Bild. Wäre er endlich noch jenseits *C*, in *ba*, so entstände von ihm in *AB* ein verkleinertes, verkehrtes Bild.

c. Der gekrümmte Spiegel als Zerstreuungsspiegel.

Ich stelle nun die brennende Kerze nicht, wie bisher, der vertieften, sondern der erhabenen Spiegelfläche entgegen. Wohin ich sie aber auch bringen möge; immer sehen wir ein Bild, das sich hinter dem Spiegel befindet, aufrecht steht, kleiner ist, als die Kerze, und desto mehr an Größe verliert, je weiter ich den Gegenstand von dem Spiegel entferne.

Daß diese einfachen Erscheinungen nicht um das Geringste anders sein können; wird euch klar werden, wenn ihr die hier beigefügte Fig. 175 sorgfältig

Fig. 175.



ins Auge faßt. — Wie bei den Figuren 173 und 174, bezeichnet auch bei ihr *VW* den gekrümmten Spiegel, *C* den geometrischen Mittelpunkt, *F* den Brennpunkt (es ist natürlich der eingebildete oder negative Brennpunkt), *O* das optische Centrum, *AB* einen Pfeil und *ab* das Bild desselben Nicht minder bekannt sind die beiden Einfallsstrahlen *Ae* und *AO*. Um den Zurückwerfungsstrahl von *Ae* zu finden, müßt ihr vorzugsweise erwägen, daß *Ae* mit der Achse parallel geht, und daher, bei der Spiegelfläche angelangt, die Richtung einschlägt, als käme er aus dem negativen Brennpunkte; er wird also in der Richtung *eg* reflektirt. Der Strahl *An* trifft die Spiegelfläche, weil nach dem Mittelpunkte *C* gerichtet, rechtwinklig, und wird also in derselben Richtung, in welcher er aufgefallen ist, zurückgeworfen. Verlängert ihr *eg* und *nA* rückwärts; so findet ihr den Punkt *a*, von welchem nach ihrer Reflexion alle von *A* ausgegangenen Strahlen herzukommen scheinen: *a* ist also das Bild von *A*. Hieraus aber folgt weiter: 1. das Bild befindet sich ohne Ausnahme hinter der Spiegelfläche, und wird 2. desto kleiner, je größer die Entfernung des Pfeils *AB* von *VW* ist. Unter dem zuletzt bezeichneten Umstande wird ja auch der Winkel *ACB*, zwischen dessen Schenkel *ab* fällt, immer kleiner. Die Figur zeigt überhaupt Alles so deutlich nach, daß selbst die besten Worte keine gründlichere Einsicht herbeiführen können.

§. 9.

Verschiedene Anwendungen gekrümmter Spiegel.

a. Der Sammelspiegel als Erleuchtungsspiegel.

Wer je in finsterer Nacht auf den Straßen großer Städte umherging, und das blendende Licht, welches ihm daselbst entgegenstrahlte, betrachtete, legte sich wol die Frage vor: »woher kommt es, daß hier die Erleuchtung eine so bedeutende Stärke besitzt?« Und es konnte ihm nicht schwer werden, die rich-

tige Antwort zu finden. Ohne vielleicht mit den Eigenschaften des polirten Kupfer-, Messing- oder Silberstükkes, das er hinter der brennenden Lampe aufgestellt sah, bekannt zu sein, erklärte er dasselbe augenblicklich für die Ursache der bezeichneten Wirkung. Nicht nur Straßen-, sondern auch Flurlaternen sind mit einem solchen Spiegel begabt. Merket!

Die Lichtstrahlen nehmen bekanntlich vor- und rückwärts denselben Weg. Wenn daher solche Lichtstrahlen, die mit der Achse parallel gehen und auf eine vertiefte Spiegelfläche fallen, nach dem Brennpnnkte zurückgeworfen werden; so müssen offenbar andere, welche von diesem Punkte aus den Spiegel treffen, nach ihrer Abprallung gleichlaufende Linien darstellen. Reflektirte Strahlen letzterer Art tragen aber den hellen Schein, indem sie sich auf ihrem Wege nur wenig, ja fast gar nicht ausbreiten, in sehr beträchtliche Weiten fort.

Die Nützlichkeit der Leuchtthürme an Seeküsten und in der Nähe der Häfen ist bekannt. Daß auch auf ihnen ein Sammelspiegel zu der überaus großen Stärke des flammenden Lichtes viel beiträgt, sei hier nur beiläufig bemerkt.

b. Der Sammelspiegel als Brennspiegel.

»Je concentrirter die Sonnenstrahlen auf irgend einen Körper fallen, desto mehr Wärme erregen sie auch.« So lautet bekanntlich das eine Gesetz über die wärmeerregende Kraft der Sonne. Durchkreuzen sich nun, wie es wirklich der Fall ist, sämmtliche mit der Achse parallel einfallende Strahlen, nachdem sie von einer vertieften polirten Fläche reflektirt worden sind, in demselben Punkte; so müssen die Sammelspiegel offenbar auch dazu dienen, in dem Brennraume eine wahrhaft überraschende Hitze zu erzeugen. Und so ist es in der That. Daß nicht nur Glas und Metall, sondern sogar Diamante, bekanntlich die härtesten aller Gesteine, in den Brennraum eines solchen Spiegels gebracht, zerstört werden, habe ich euch bereits in dem Abschnitte über die Wärme mitgetheilt. Ein Sammelspiegel von 4 Fuß Durchmesser und 6 Fuß Brennweite erzeugt, so unglaublich es auch klingen möge, eine Hitze, welche die unmittelbare Erwärmung durch Sonnenstrahlen gegen 5000 Mal an Stärke übertrifft.

Wir können übrigens auch durch ebene Spiegel eine Hitze hervorrufen, die auf 3 bis 4 Hundert Fuß allerlei brennbare Stoffe entzündet. Zu diesem Zwekke haben wir nur nöthig, eine große Zahl dergleichen Spiegel so an einander zu stoßen, daß sie, vereinigt, gewisser Maßen einen Kugelabschnitt darstellen. Dann werfen auch sie die Sonnenstrahlen mehr oder weniger geuau demselben Punkte zu. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat sich im Jahr 212 v. Chr. der große Archimedes, um die vor Syrakus liegende römische Flotte in Brand zu stekken, dieses Mittels bedient.

c. Der Sammelspiegel als Zauberspiegel.

Ihr begebt euch in finsterer Nacht auf einen Kirchhof. Kaum aber seid ihr daselbst angekommen, so steigt auch schon aus einem fernen Grabe eine Gestalt mit blutigem Leichengewande empor. Sie spaziert über verschiedene Grä-

ber hinweg; ihr hört sie gleichsam winseln; ihr nehmt wahr, wie sie allerlei schreckhafte Bewegungen macht, und, bei ihrer Wohnstätte wieder angelangt, ins Grab zurückkehrt: »wer in aller Welt darf erwarten, daß ihr dabei furchtlos und gleichgültig bleibt, ihr, die ihr von den Mitteln, durch welche solche Erscheinungen hervorgerufen werden, nie etwas gehört habt?« Noch mehr! Hoffend, einen Betrüger zu entlarven, seid ihr vielleicht beherzt genug, auf den vermeintlichen Geist, während er an jenem schauerlichen Orte sein Wesen treibt, loszugehen: aber er flieht nicht; er kommt euch vielmehr näher; und ihr, die ihr ihn pakken wollt, greift, gleich Kindern, die den Schatten an der Wand zu erhaschen suchen, in die Luft. »Ist es euch nun noch zu verargen, daß ihr, an allen Gliedern zitternd, eiligst davon lauft, und Jedem versichert, ihr habet einen Geist gesehen?« Schon so mancher kluge Mann ist auf diese Weise abergläubisch geworden. Hätte er später erfahren, daß ein Künstler in der Nähe des Kirchhofes, etwa in dem dunklen Zimmer des Todtengräber-Häuschens, blos vermittels seiner gekrümmten Spiegel den Geist erscheinen ließ; ach, wie sehr würde er sich dann geschämt haben!

Wer dergleichen Geistererscheinungen im Kleinen veranstalten will, setze zuvörderst einen Sammelspiegel, dessen Brennweite sich auf zwei bis drei Fuß beläuft, in einen großen, inwendig überall schwarz angestrichenen Kasten; hierauf bringe er in dem letztern eine solche Vorrichtung an, daß sich durch eine Oeffnung im Dekkel 8 bis 12 Zoll lange, etwa aus Holz bereitete menschliche Figuren schieben lassen; zuletzt stelle er, damit es an der nöthigen Erleuchtung nicht fehle, noch zwei Laternen in den Kasten. Bei dem Allen beachte er übrigens wohl: 1. daß der Spiegel nach den Gestalten, welche als Geister erscheinen sollen, gerichtet, und von denselben auch so weit, daß sie sich hinter dem Brennpunkte befinden, entfernt sein muß; und 2. daß das Licht der Laternen mittels eines kleinern Sammelspiegels hinter der Flamme zwar auf die Figuren, nicht aber auch auf den größern Sammelspiegel, geworfen wird! »Wie aber kommt das Bild aus dem Kasten in die freie Luft?« nun blos dadurch, daß er den Kasten an einer gewissen Stelle offen läßt. Hat er die Einrichtung so getroffen, daß er Augen, Arme und Beine der Figuren bewegen kann; so machen auch die Luftbilder dergleichen Bewegungen und erscheinen dem Beschauer um so mehr als Furcht und Schrekken einjagende Geister. Wie es den Künstlern sogar möglich wird, das Mienenspiel, den Faltenwurf der Kleider u. s w. darzustellen, läßt sich leicht enträthseln, wenn man weiß, daß die Geister Bilder lebender Personen sind.

§. 10.

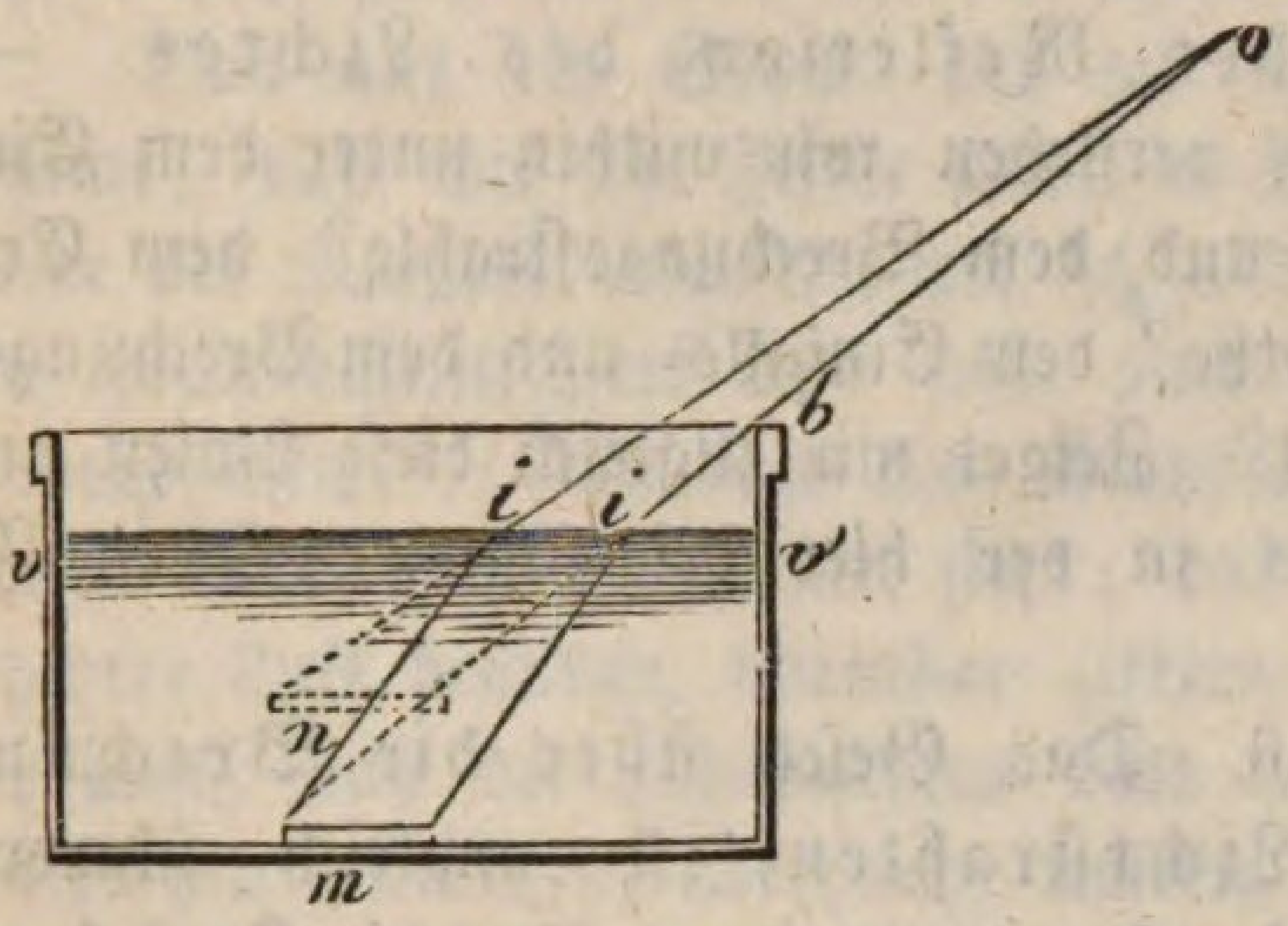
Die Brechung des Lichtes im Allgemeinen.

Blikket in dieses Gefäß! Außer Luft, die natürlich auch in ihm enthalten ist, findet ihr nichts, was seinen innern Raum erfüllt. Ich lege nun ein Geldstück auf irgend eine Stelle seines Bodens, und fordere euch auf, einen solchen Ort einzunehmen, von dem aus ihr es gerade noch über den Rand hinweg sehen könnt. Hierauf fülle ich mein Gefäß allmälig mit Wasser an. Während ich aber Letzteres thue, gewahrt ihr mit Erstaunen, daß das Geldstück scheinbar

emporsteigt, bis es endlich, bei einem gewissen Punkte angelangt, wieder ruhig verharrt. »Ist nicht auch eine solche Erscheinung unserer Untersuchung werth?«

In der hier beigefügten Fig. 176 sei *v v'* das Gefäß: *m* die Stelle, auf welche ich das Geldstück gelegt habe; *o* das Auge des Beobachters; *b* endlich derjenige Theil des Randes, über den hinweg Letzterer das Geldstück bemerkt. So lange sich in dem Gefäße nur Luft befindet, gehen alle Lichtstrahlen, die von *m* aus über *b* nach *o* gesendet werden, in einer geraden Linie fort; es tritt jedoch sogleich ein anderes Verhältniß ein, wenn ich das Gefäß mit Wasser beschenke. Dann steigt *m* scheinbar in die Höhe, und ein neuer Ort, *n*, stellt sich dem Beobachter dar. Suchet ihr nun die Punkte, wo die Strahlen, die von *m* zu dem Auge hin gelangen, aus dem Wasser hervortreten, also die Punkte *i*: so findet ihr sie nicht mehr, wie früher, mit *m* und *b* in einer geraden Linie; und irgend ein Gegenstand, etwa die Spitze eines Zirkels, der nach einander die geraden Linien *i o* und *i m* verfolgt, und beide Mal dem Auge den Punkt *m* verdeckt, lehrt euch, daß der das Auge des Beobachters treffende Lichtstrahl so lange, als er im Wasser bleibt, seinen Weg von *m* bis *i* in gerader Richtung fortsetzt, aber bei *i*, der Grenze zwischen Wasser und Luft, in die veränderte Richtung von *i o* übergeht. — Bevor ich euch noch näher hiermit bekannt mache, präge sich ein Jeder Folgendes ein:

Fig. 176.



1. Ein Lichtstrahl, der aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes, mehr oder weniger dichtes Mittel schräg übergeht, theilt sich bei der Trennungsebene in drei Theile: der **eine** Theil wird gleichsam verschluckt; der zweite zurückgeworfen; der dritte dringt in den neuen durchsichtigen Körper und erleidet eine demselben angemessene Brechung.

2. Je schräger er auffällt, desto stärker ist der zurückgeworfene, desto schwächer der gebrochene Theil. — Vorausgesetzt, das brechende Mittel übertreffe das andere an Dichtigkeit, wird selbst noch ein solcher Strahl, welcher mit der Begrenzungsebene beider Mittel eine fast parallele Richtung hat, von seinem Wege abgelenkt.

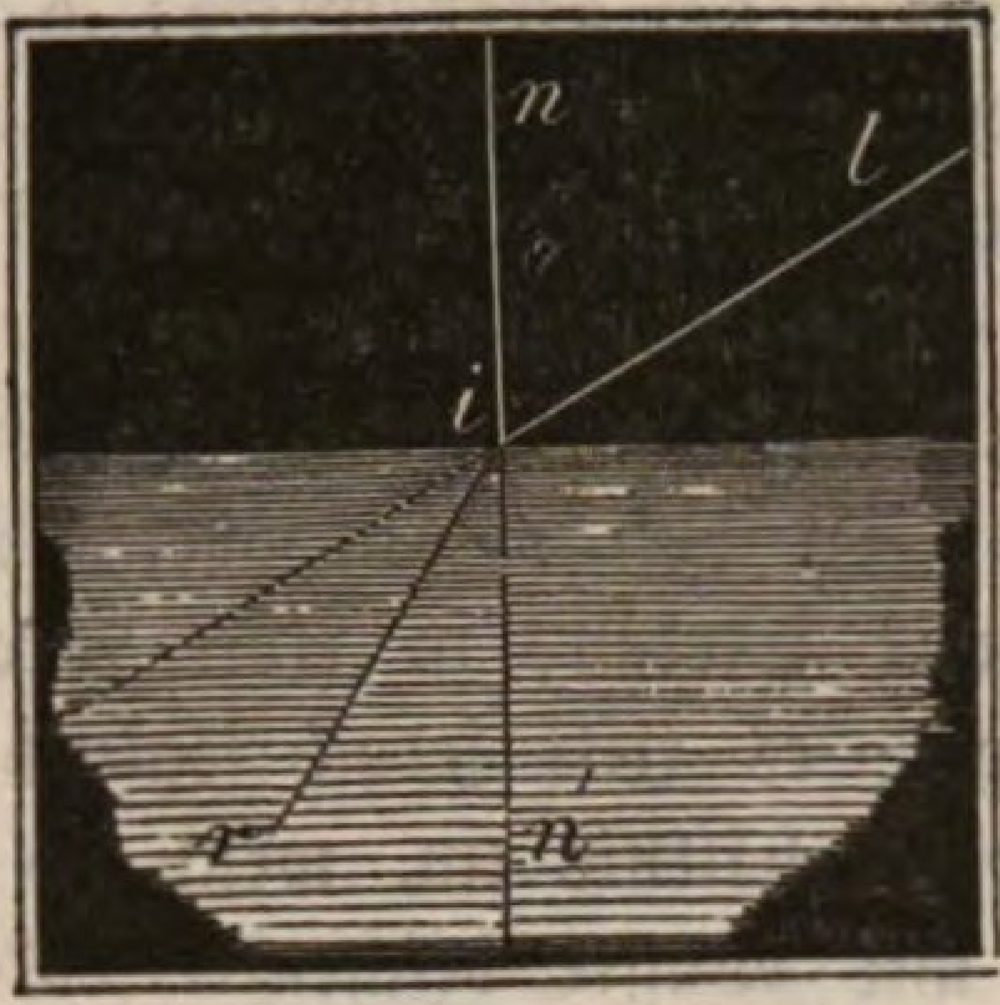
3. Mehr dichte Körper brechen im Allgemeinen das Licht stärker, als weniger dichte. — Das Brechungsverhältniß hängt jedoch nicht blos von der Dichtigkeit, sondern auch von der chemischen Beschaffenheit der Körper ab. Brennbare Körper brechen beispielsweise das Licht stärker, als nicht brennbare. Leider kennen die Gelehrten den Zusammenhang zwischen der Brechungskraft und den übrigen Eigenschaften der Körper noch viel zu wenig, als daß es mir möglich wäre, euch das hier obwaltende Gesetz selbst nur in einigen Worten anzudeuten.

4. Bei jeder Brechung geht mit dem Lichte noch eine eigene Veränderung vor, die jetzt blos erwähnt, später aber ziemlich genau erörtert

werden soll; ich meine die Ausbreitung seiner Strahlen in eine kleine Winkelfläche.

5. Die Namen Einfalls- und Brechungsstrahl, Einfallsloth, Einfalls- und Brechungswinkel haben hier dieselbe Bedeutung, wie bei der Reflexion des Lichtes. — »Was verstehen wir mithin unter dem Einfalls- und dem Brechungsstrahle? dem Einfallslothe? dem Einfalls- und dem Brechungswinkel? Zeiget mir zugleich diese Linien und Winkel in der hier beigefügten 177sten Figur!«

Fig. 177.

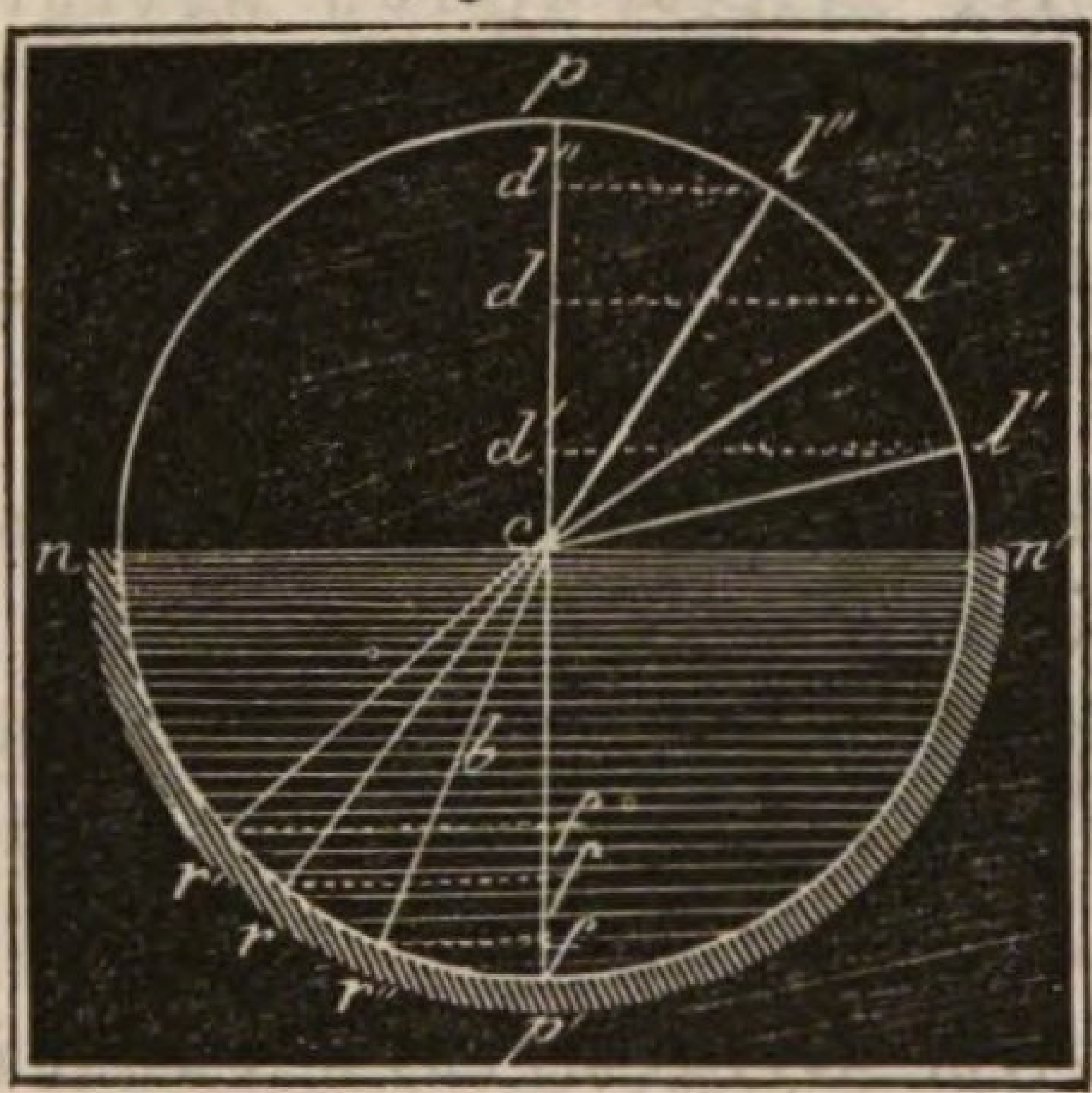


6. Das Gesetz über die Brechung der Lichtstrahlen ist ungleich schwerer auszusprechen, als jenes über die Zurückwerfung derselben, und dürfte wol Solchen, denen es an geometrischen Kenntnissen fehlt, nie recht klar werden; es lautet:

»geht ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Mittel in ein »anderes, gleich viel, ob mehr oder weniger dichtes, durchsichtiges Mittel über; so wird er dergestalt gebrochen, daß die »Sinusse der Winkel, welche er in beiden Mitteln mit dem »Einfallslothe macht, für jede zwei Mittel ein unveränderli- »ches Verhältniß haben.«

Auf diesem schönen Gesetze beruht die ganze Dioptrik, d. h. die Lehre über die Refraktion oder Brechung des Lichtes. — Es sei c (Fig. 178) der Ort, bei dem ein Lichtstrahl auf das zweite Mittel fällt; ferner nn' die Fläche, welche beide Mittel scheidet. Errichte ich nun in c das Einfallsloth pcp' und lege in Gedanken durch dasselbe und die Einfallsstrahlen $l''c$, lc und $l'c$ eine Ebene; so bleiben auch die Brechungsstrahlen cr'', cr und cr' (zu einander gehörige Strahlen sind $l''cr''$, lcr und $l'cr'$) in dieser Ebene, allein so, daß die Winkel im dichtern Mittel, hier im Wasser, $p'cr''$, $p'cr$ und $p'cr'$, kleiner sind, als die Winkel im dünnern Mittel, hier in der Luft, pcl'', pcl und pcl'. Ziehe ich ferner $l''d''$, ld, $l'd'$ und $r''f''$, rf, $r'f'$ rechtwinklig auf das Einfallsloth; so habe ich in ihnen die Sinusse der vorhin angegebenen drei Einfalls- und drei Brechungswinkel, und eben sie sind es, deren Verhältniß zu einander, der Strahl mag in einer Richtung auffallen, in welcher er wolle, für jede zwei Mittel unveränderlich bleibt. Das Brechungsverhältniß besteht mit Rücksicht auf unsere Figur eigentlich in Folgendem:

Fig. 178.



$$r'f' : l'd' = rf : ld, \text{ oder auch } r''f'' : l''d'' = rf : ld \text{ u. s. w.}$$

7. **Die wichtigsten Brechungsverhältnisse sind die zwischen Luft und Wasser einer- und zwischen Luft und Glas andererseits.** — Anstatt euch aus einander zu setzen, wie sie die Gelehrten gefunden haben, sage ich euch lieber sogleich, daß das Verhältniß zwischen Luft und Glas ungefähr 3 : 2, zwischen Luft und Wasser aber ziemlich genau 4 : 3 ist.

Daß uns ein Stock, den wir schräg ins Wasser tauchen, gebrochen vorkommt; daß wir die Fische nicht an ihrem wirklichen Orte, sondern der Oberfläche des Wassers ungefähr um $1/4$ näher erblikken; daß wir die Sterne schon vor ihrem eigentlichen Auf- und noch nach ihrem wirklich erfolgten Untergange wahrnehmen *); daß noch eine Mondfinsterniß eintreten kann, wenn die Sonne bereits über dem Horizonte steht; daß Gegenstände, die sich in bewegter oder erhitzter Luft befinden, scheinbar zittern (es bewirkt nämlich die ungleiche Dichte der Luft, daß die Lichtstrahlen bald nach der einen, bald nach der andern Seite hin gebrochen, überhaupt unserm Auge nicht immer in derselben Richtung zugeschickt werden); daß die Firsterne funkeln; daß sich sämmtliche Körper, welche ihren Standort unter dem Wasser haben, sogleich, da die Oberfläche in Schwankungen geräth, zu bewegen scheinen u. s. w.: alle diese und noch viele andere Erscheinungen, welche entweder auf der irdischen, oder der **astronomischen Strahlenbrechung beruhen**, werdet ihr euch nun wol selbst leicht erklären können.

§. 11.

Die Brechung des Lichtes durch geschliffene Gläser.

Die geschliffenen Gläser erscheinen, wie die Spiegel, bald eben, bald gekrümmt. Ebene Gläser giebt es in Menge (jede Stube zeigt euch solche in ihren Fenstern): gekrümmte sind zwar seltener; dessenungeachtet aber fehlt es uns nicht an Gelegenheit, auch sie zu sehen (ich erinnere an Loupen, Brenn-, Lese-, Brillengläser u. s. w.) und vermittels derselben die nöthigen Versuche anzustellen.

a. Die ebenen Gläser.

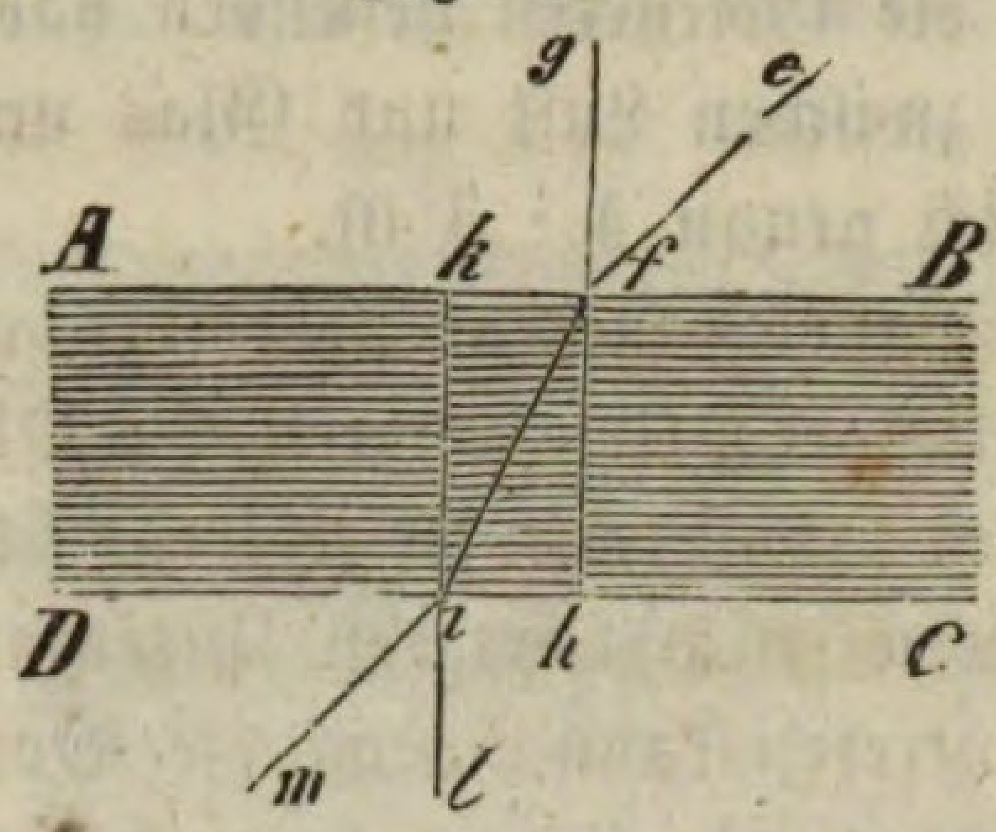
Die Erscheinungen, welche uns ebene Gläser mit gleichlaufenden Flächen darbieten, sind sehr einfach. Abgesehen davon, daß durch sie bei einem schrägen Blikke die Gegenstände von ihrem Standorte scheinbar etwas hinweggerückt werden, kennen wir keinen erheblichen Einfluß, den sie auszuüben vermöchten. Nie verändern sie z. B. die Größe und die Richtung der Dinge.

---

*) Jeder Lichtstrahl, der von einem Weltkörper schräg auf unsere Atmosphäre fällt, muß, weil er durch immer dichtere Luftschichten geht, daher von seinem Wege fortwährend abgelenkt wird, eine krumme Linie beschreiben. Allein auf diesem Umstande beruht die astronomische Strahlenbrechung. Erwägen wir ferner, daß wir jeden Gegenstand in der Richtung desjenigen Strahles sehen, welcher in unser Auge trifft; so muß uns ja z. B. die Sonne, wenn sie erst vor Kurzem untergegangen ist, noch sichtbar sein.

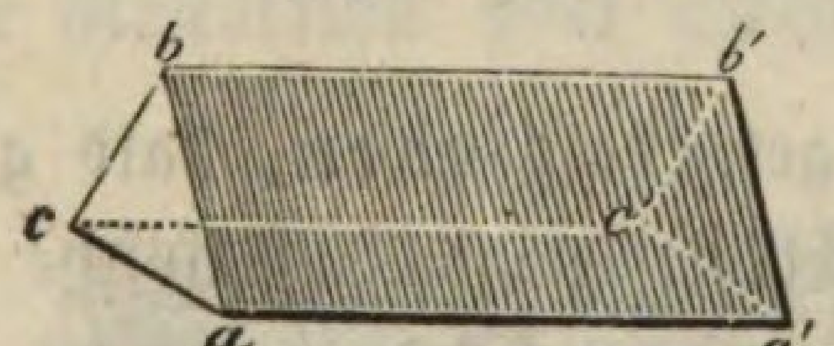
Es sei *ABCD* (Fig. 179) der Durchschnitt eines ebenen Glases mit parallelen Flächen; *ef* ein Lichtstrahl; *gh* das Einfallsloth, welches den Punkt *f* trifft und auf den Trennungsebenen errichtet ist. Da der Strahl *ef* bei seinem Uebergange aus der Luft ins Glas gebrochen wird; so mag ferner *fi* den Weg bezeichnen, den er in dem letztern durchsichtigen Mittel verfolgt. Offenbar verändert sich seine Richtung bei *i* zum zweiten Mal. Vorausgesetzt, daß die Luft vor und hinter dem Glase dieselbe Dichtigkeit hat, muß der Brechungsstrahl *im*, weil das Licht vor- und rückwärts einerlei Weg nimmt, mit dem Einfallsstrahl *ef* parallel sein Meine Figur zeigt euch ferner, daß die Verrükkung der Gegenstände desto merklicher wird, je dikker das Glas ist, und je schräger wir durch dasselbe sehen. Unsere Fensterscheiben lassen uns die Gegenstände meist an ihrem wirklichen Orte erblikken.

Fig. 179.



Betrachten wir die Gegenstände durch ebene Gläser mit gegen einander geneigten Flächen; so fällt es uns auf, sie von ihrem Standpunkte bedeutend hinweggerückt zu finden. Alle diese Gläser werden **Prismen** genannt. Wir unterscheiden bei einem Prisma: 1. die **Kante**, oder diejenige Linie, in welcher sich die beiden Grenzflächen entweder wirklich schneiden, oder, hinreichend verlängert, doch schneiden würden; 2. die **Basis**, d. h. irgend eine bald vorhandene, bald nur gedachte Fläche, die der brechenden Kante gegenüber liegt; 3. den **brechenden Winkel**, welchen zwei Flächen des Prisma's mit einander machen. Besonders geeignet für hierher gehörige Versuche ist ein solches Prisma, welches von drei rechtwinkligen Flächen *aba'b'*, *bcb'c'* und *cac'a'* (Fig 180) begrenzt wird. Gesetzt, das Licht ginge hier durch die Flächen *ab'* und *ac'*, dann wäre offenbar *bc'* die Basis und *aa'* die brechende Kante des Prisma's.

Fig. 180.



Indem ich euch nun auffordere, es horizontal vor eure Augen zu halten und durch dasselbe nach einem bestimmten Gegenstande zu blikken, rufe ich euch noch insbesondere zu, die farbigen Ränder, welche sich zeigen werden, vorläufig unbeachtet zu lassen, dafür aber um so sorgfältiger zu prüfen, ob wir wirklich durch ein Prisma alle Gegenstände tiefer sehen, und zwar in einem desto bedeutendern Grade, je mehr sie sich von uns seitwärts befinden. Die letztere Erscheinung beruht auf dem Wege, den ein Lichtstrahl bei seinem Gange durch das Prisma einschlägt. Wer hierbei noch erwägt, daß ein solcher Strahl, ehe er zum Auge hingelangt, zwei Mal aufwärts gebrochen wird, und daß wir ferner alle Gegenstände nur in derjenigen Richtung sehen, welche uns der Strahl zuletzt angiebt, findet in jener Erscheinung gewiß nichts Räthselhaftes mehr. Bei dem Versuche selbst haltet nur die Augen unbeweglich fest; denn nur unter dieser Bedingung seht ihr den Gegenstand nie da, wo ihr ihn zu erblikken hofftet. Horizontale Fensterstäbe erscheinen, durch das Prisma betrachtet, als Bogen mit der erhabenen Seite nach oben. Die Figur, welche alle diese Fälle erläutert, werde ich später entwerfen.

b. Die gekrümmten Gläser.

aa. Die gekrümmten Gläser im Allgemeinen.

Ganz anders, hauptsächlich viel reichhaltiger, als bei ebenen Gläsern, sind die Erscheinungen, welche uns Gläser mit gekrümmten Oberflächen darbieten. Bevor ich indeß auch sie betrachten lasse, müßt ihr über folgende Punkte unterrichtet sein:

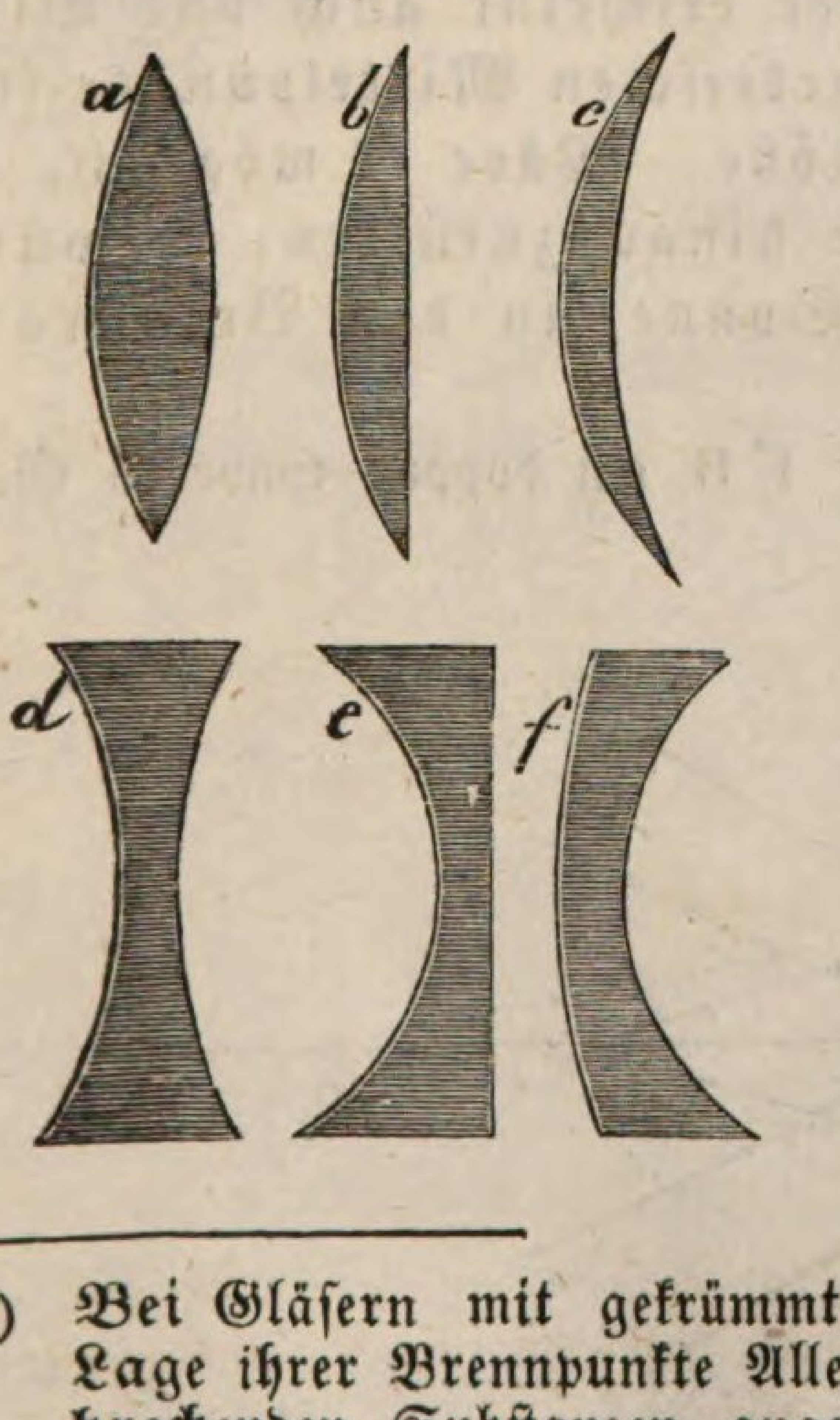
1. Sämmtliche gekrümmten Gläser lassen sich, so verschieden gestaltet sie immerhin sein mögen, in zwei Gruppen vertheilen, nämlich in Sammel- und in Zerstreuungsgläser; jene besitzen in der Mitte, diese am Rande die ansehnlichste Dikke.

2. Fast zu jedem hier anzustellenden Experimente werde ich mich nur sphärischer Gläser bedienen, d. h. solcher, welche Theile von Kugeln sind. Nur gekrümmte Gläser von dieser Beschaffenheit lassen sich leicht und genau anfertigen.

3. In der Mitte eines jeden dieser Gläser giebt es eine Stelle, wo beide Oberflächen als einander parallel angesehen werden können. Sie heißt der optische Mittelpunkt; wie ferner die Linie, welche hier durch beide Flächen rechtwinklig geht, die Achse des Glases. Daß in Letzterer die geometrischen Mittelpunkte, d. h. die Mittelpunkte derjenigen Kugeln, von denen die Flächen Segmente bilden, und auch die Brennpunkte, durch welche übrigens die geometrischen Halbmesser nicht immer halbirt werden *), liegen, bedarf für euch, weil ihr über die gleichnamigen Punkte und Linien gekrümmter Spiegel die nöthige Kenntniß erhalten habt, keines neuen Beweises. Bei den Zerstreuungsgläsern sind die Brennpunkte und die Brennweiten eingebildet oder negativ.

4. So verschieden gestaltete Sammelgläser es auch giebt, so bringen sie doch fast immer einerlei Erscheinungen hervor. Dasselbe gilt von den verschiedenen Zerstreuungsgläsern. In der hier beigefügten Fig. 181 veranschauliche euch *a* ein doppelt-convexes, *b* ein plan-convexes und *c* ein concav-convexes Sammel-; ferner *d* ein doppelt-concaves, *e* ein plan-concaves, und *f* ein convex-concaves Zerstreuungsglas. Der Name Linsen oder Linsengläser, den wir allen, besonders aber den kleinern sphärischen Gläsern beilegen, ist von dem doppelt-convexen Sammelglase, das seine Linsengestalt nimmer verleugnen kann, entlehnt. Für concav-convexe und convex-concave Gläser gebrauchen wir wol auch die Benennungen Menisken oder Möndchen.

Fig. 181.



*) Bei Gläsern mit gekrümmten Oberflächen kommt mit Rücksicht auf die Lage ihrer Brennpunkte Alles darauf an, ob sie aus gleich oder verschieden brechenden Substanzen angefertigt sind; sie können daher z. B. in ihrer Gestalt völlig mit einander übereinstimmen, und es befinden sich die Brennpunkte doch nicht an derselben Stelle.

bb. Die gekrümmten Gläser als Sammelgläser.

Hier ist ein solches Sammelglas. Um zuvörderst seinen Brennpunkt, richtiger Brennraum, zu finden, halte ich es so gegen die Sonne, daß deren Strahlen auf dasselbe möglichst senkrecht fallen, und gebe dabei wohl Acht, wo hinter ihm der Lichtkegel den kleinsten Durchmesser besitzt. Ein blendendes Licht und eine sehr bedeutende Hitze offenbaren mir noch außerdem den zu suchenden Ort. Dann bringe ich einen stark erleuchteten, oder auch selbstleuchtenden Gegenstand, beispielsweise wieder eine kleine, brennende Kerze, allmälig: 1. auf zwei verschiedene Punkte der Achse innerhalb der Brennweite; 2. in den Brennraum selbst; 3. auf zwei verschiedene, möglichst weit von einander entfernte Punkte der Achse außerhalb der Brennweite. Nur so überzeugen wir uns von der Wahrheit folgender Behauptungen:

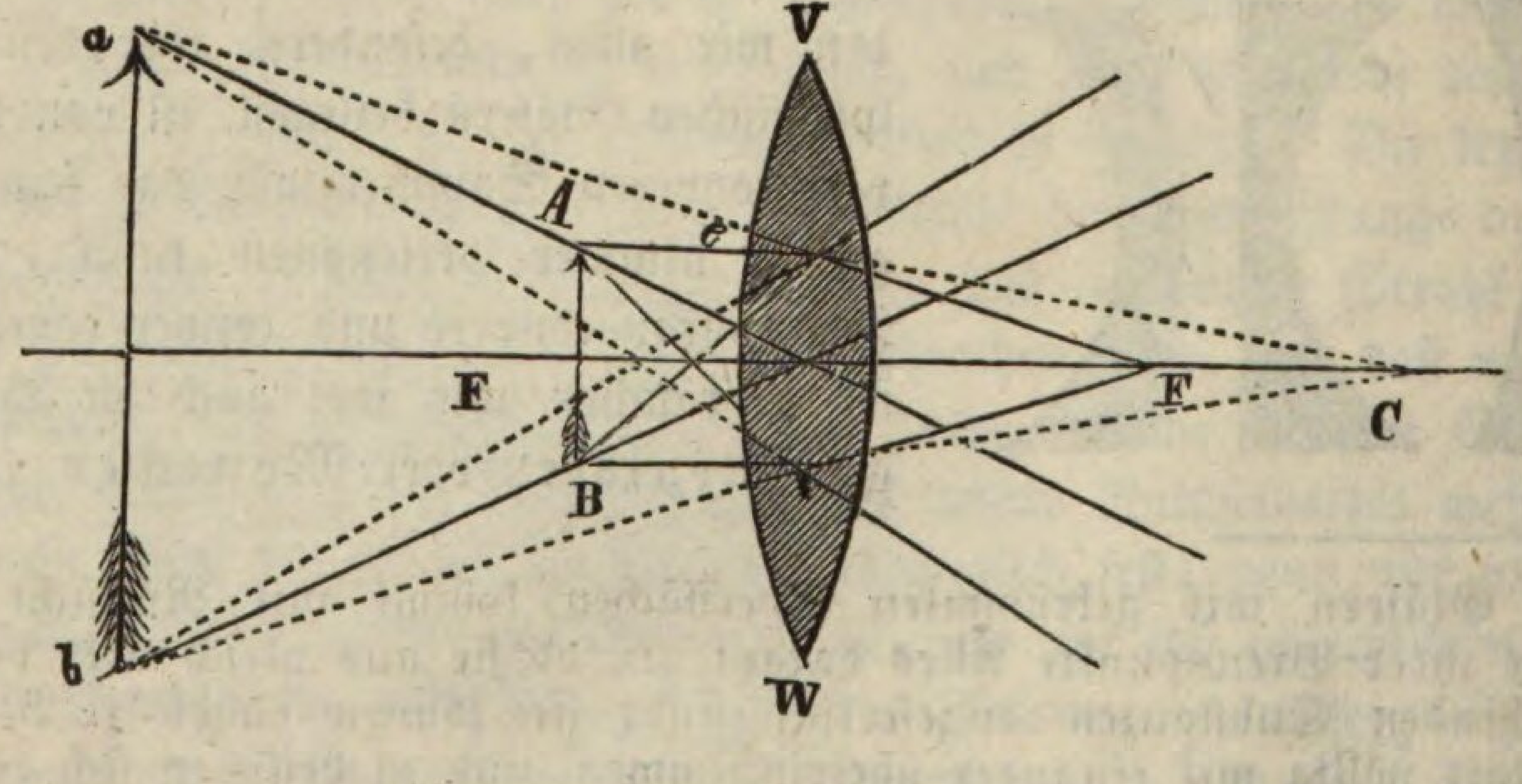
1. So lange die brennende Kerze innerhalb der Brennweite steht, ist das Bild aufrecht, mit ihr auf einerlei Seite des Glases, und desto größer, je näher der Gegenstand dem Brennraume kommt.

2. Im Brennraume angelangt, erfreut sie uns mit gar keinem Bilde; Alles, was wir in diesem Falle noch wahrnehmen können, ist ein matter Lichtschein in unendlicher Ferne.

3. Hat sie ihren Standort außerhalb der Brennweite genommen, so erscheint uns das Bild aufs neue; allein es ist jetzt verkehrt und schwebt auf der entgegengesetzten Seite des Glases. Noch immer jedoch wird seine Größe durch die verschiedene Weite der Kerze vom Brennpunkte bestimmt: je näher nämlich diese dem bezeichneten Punkte steht, desto größer erscheint auch das Bild; je entfernter, desto kleiner. Im geometrischen Mittelpunkte sind Bild und Gegenstand von gleicher Größe. Wäre es möglich, die Kerze in eine höchst bedeutende Ferne hinauszurükken; so würde ihr Bild eben so, wie das Bild der Sonne, in den Brennraum selbst fallen.

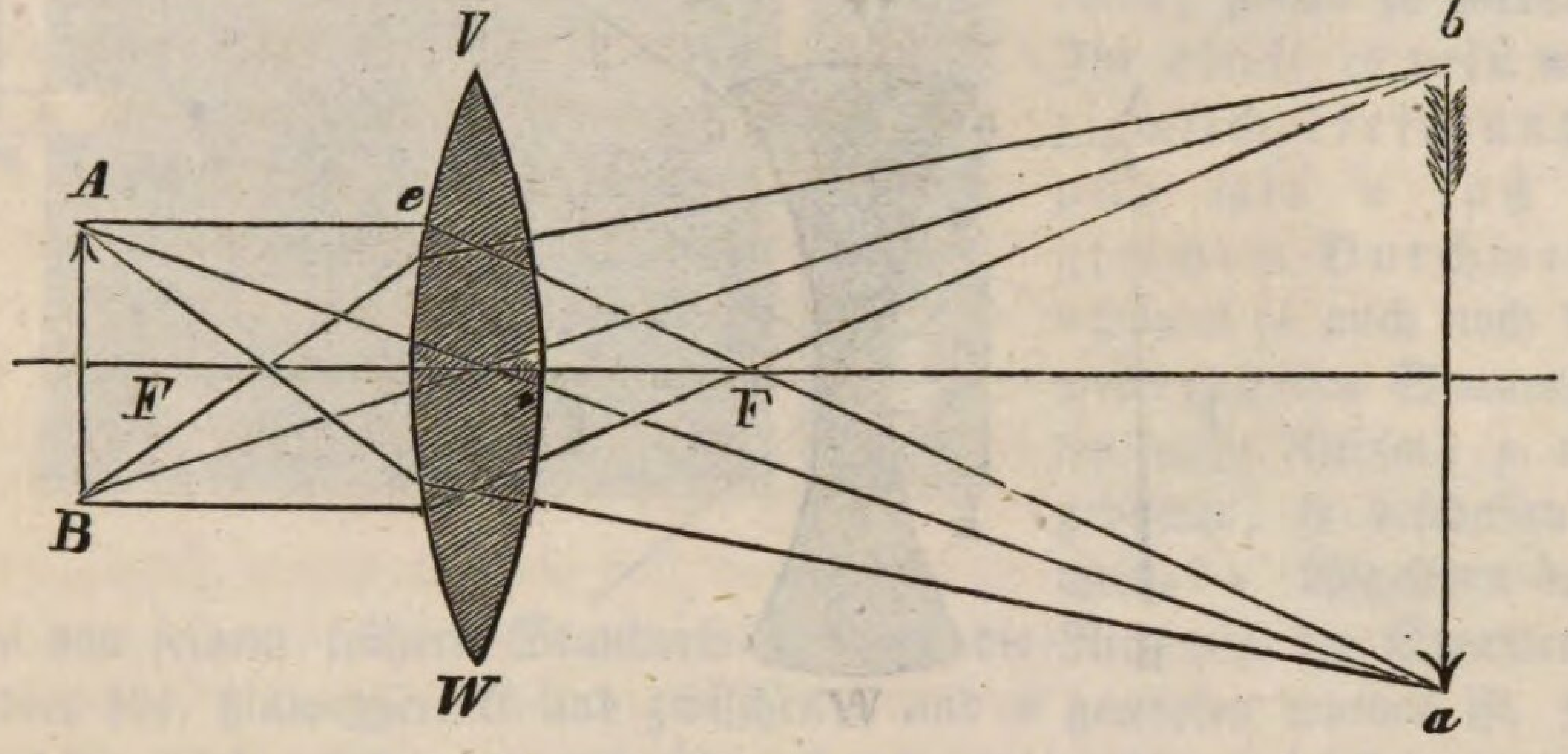
In den Figuren 182 und 183 bezeichnet *V W* ein doppelt-convexes Glas,

Fig. 182.



F die Brennpunkte, *o* das optische Centrum, und *AB* einen Pfeil, welcher seine Stelle in Fig. 182 innerhalb, in Fig. 183 aber außerhalb der Brennweite ge-

Fig. 183.



nommen hat. Beachtet nun mit Rücksicht auf die gezeichneten Brechungsstrahlen folgende zwei Punkte: 1. jeder Lichtstrahl, der das optische Centrum berührt, in beiden Figuren also *Ao*, geht ungebrochen hindurch; und 2. jeder andere, welcher mit der Achse parallel einfällt, beispielsweise *Ae*, wird dem Brennpunkte zugeworfen. Sie allein geben uns in beiden Figuren über den Ort, die Stellung und die Größe des Bildes eine genügende Kenntniß. Befindet sich *AB* genau in der Brennweite des Glases; so gehen nach der Brechung alle aus *F* kommenden Lichtstrahlen mit der Achse, ferner sämmtliche von *A* aus eingefallenen mit dem Hauptstrahle *Ao* parallel. Es entsteht daher hinter dem Glase kein Bild von *AB*.

cc. Die gekrümmten Gläser als Zerstreuungsgläser.

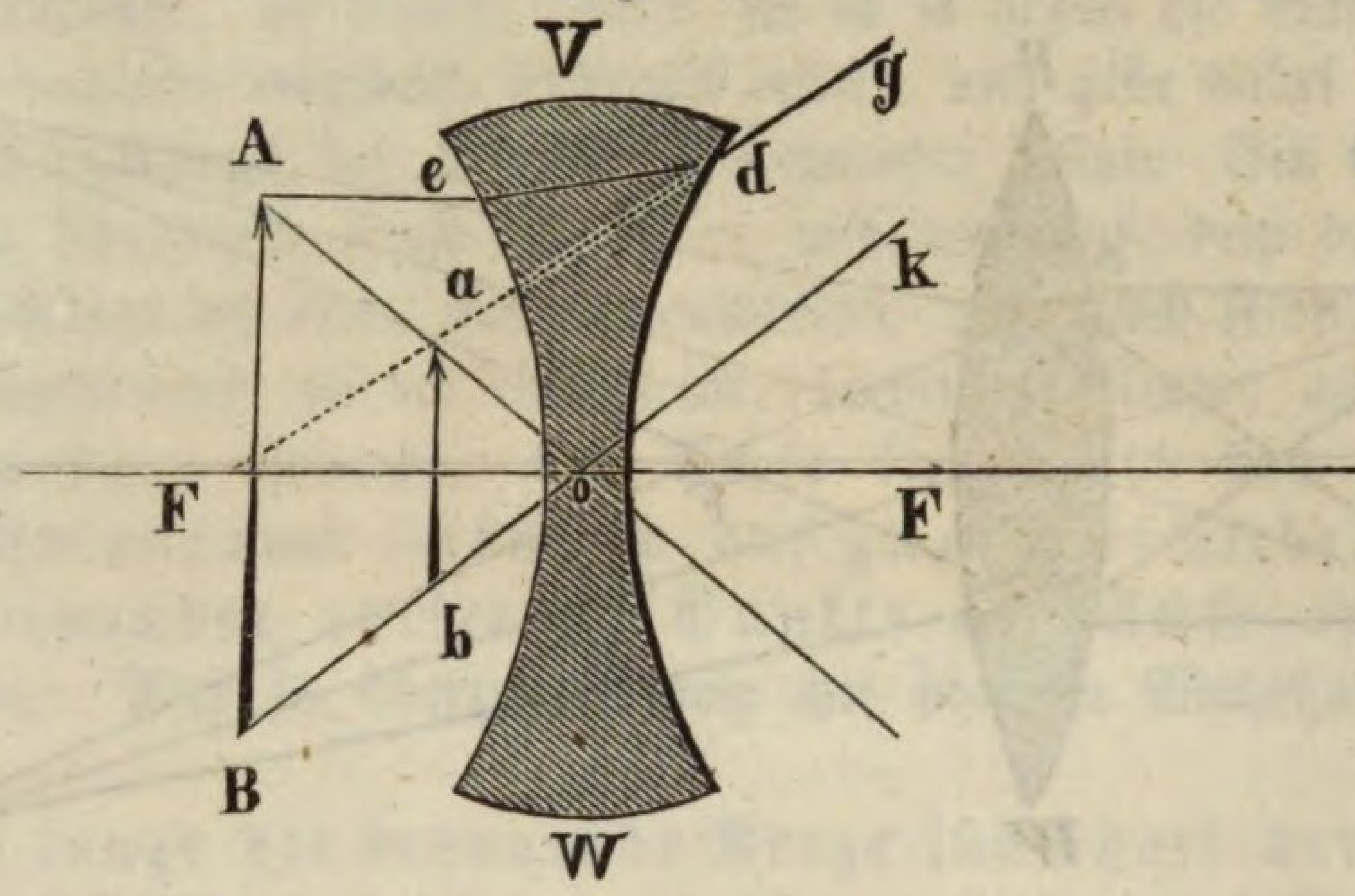
Betrachtet nun durch dieses doppelt-concave Glas die brennende Kerze aufs neue! Wohin ihr Letztere auch stellen möget; stets seht ihr ihr Bild aufrecht, innerhalb der Brennweite, kleiner, als den Gegenstand, und mit diesem auf einerlei Seite des Glases. Die Erscheinungen stimmen überhaupt mit denen der Zerstreuungsspiegel fast vollkommen überein (wer nennt mir den alleinigen Unterschied?).

Die Fig. 184 (s. f. S.) stellt ein durch ein Zerstreuungsglas hervorgerufenes Bild dar. Wie bei den Figuren 182 und 183, bezeichnet auch hier *VW* das Linsenglas; *F* die Brennpunkte, welche bei einem concaven Glase nie wirklich vorhanden, sondern nur eingebildet sind; ferner *o* das optische Centrum; endlich *AB* den Pfeil, dessen Bild ihr in dem kleinern Pfeile *ab* angegeben findet. — Der Lichtstrahl *Ao* geht, weil wir auch bei einem concaven Glase die Oberflächen bei *o* als einander parallel ansehen können, gerade hindurch; der Strahl *Ae* aber verfolgt nach seiner Brechung, und zwar aus einem euch gleichfalls längst bekannten Grunde den Weg, als käme er aus dem negativen Brennpunkte *F*. Seid ihr anders über Dasjenige, was ich euch über die Figuren

18*

182 und 183 mitgetheilt habe, gehörig aufgehellt; so werdet ihr auch wissen, was euch jeder Strich in der Figur 184 anzeigt.

Fig. 184.



Noch lenke ich eure Aufmerksamkeit auf folgende zwei Punkte:

1. Solche Lichtstrahlen, welche bei convexen Linsen, indem sie zu weit von der Mitte auffallen, nicht durch den Brennpunkt gehen, sondern sich bald mehr, bald weniger nahe am Glase durchschneiden, bilden eine Brennlinie. Gesonnen, Letztere sichtbar zu machen, dürfen wir nur das Licht durch ein convexes Glas in einen mit Rauch angefüllten Kasten fallen lassen. Ein Kasten der bezeichneten Art leistet uns auch bei andern Erscheinungen, die ihren Grund in der Brechung der Lichtstrahlen haben, gute Dienste.

2. Sowol die Vergrößerung durch convexe, als auch die Verkleinerung durch concave Linsen läßt sich für die Abstände von dem Glase bestimmen. Hierzu dürfen wir nur zwei gleich getheilte Stäbe in einiger Entfernung neben einander aufstellen, und, während wir mit dem einen Auge durch das Glas eine gewisse Anzahl Theilstriche betrachten, mit dem andern zugleich beobachten, wieviel Theilstriche des zweiten Stabes zwischen diesen Platz haben. Ein Beispiel möge euch Dies klarer machen. Gesetzt, es befänden sich zwischen dem obersten und dem untersten Theilstriche im Glase vier, zwischen beiden Strichen aber, mit freiem Auge gesehen (die beiden obersten Theilstriche liegen natürlich in gerader Linie), zwei Theile; dann ist die Vergrößerung eine zweifache.

Die Anwendungen, welche wir von kugelförmig geschliffenen Gläsern machen, erscheinen so überaus mannigfaltig, daß unstreitig auch sie unserer ganzen Aufmerksamkeit werth sind. Bevor ich indeß über sie sprechen kann, müßt ihr sowol über die Farben, als auch über die kunstvolle Einrichtung unserer Augen eine genügende Kenntniß erlangt haben.

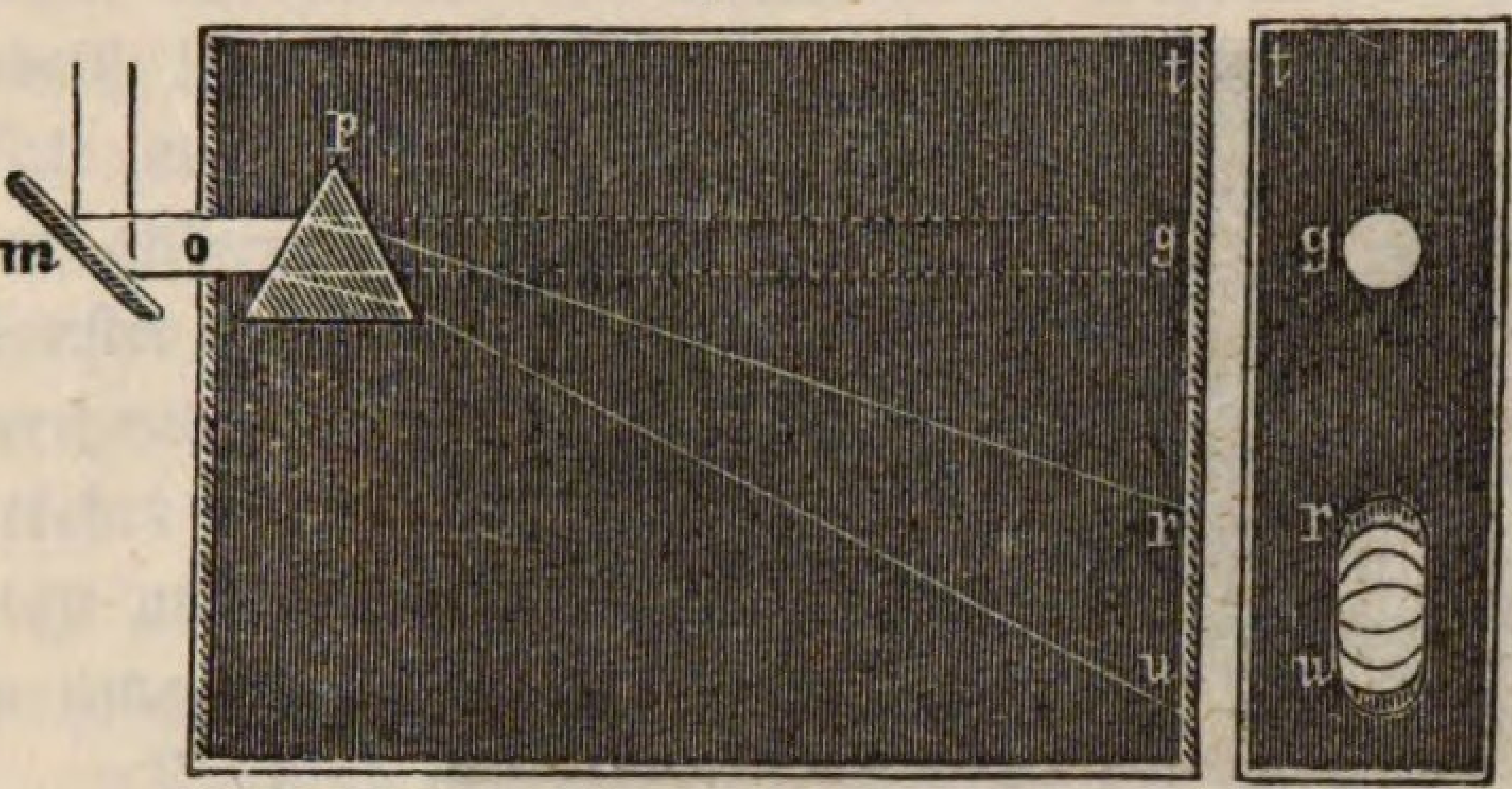
§. 12.

Die Farben.

Nachdem ich in den einen Fensterladen eine runde Oeffnung, *o* (Fig. 185), gebohrt und vor dieselbe einen ebenen Spiegel, *m*, gestellt habe, fordere

ich euch auf, das Bild, welches die durch *o* eingetretenen Sonnenstrahlen auf einem *o* gerade gegenüberliegenden Schirme hervorrufen, genau zu betrachten. Ihr erblickt es rein weiß, ziemlich kreisrund (*g*) und mit *o* fast von gleichem Durchmesser. »Obwol es auch noch dann, wenn ich den Sonnenstrahlen mein Prisma *p* entgegenhalte, so beschaffen sein werde?« Abgesehen davon, daß es von seinem frühern Standorte *g*, weil die Richtung der Strahlen sich verändert hat, hinweggerückt und zwischen *r* und *u* geworfen worden ist, findet ihr es länglich, und, was euch sehr erfreut, mit allerlei schönen Farben geschmückt. Letztere seht ihr folgender Maßen geordnet: Violett, Indigo oder Dunkelblau, Hellblau, Grün, Gelb, Orange und Roth. Mein erster Versuch lehre euch hauptsächlich:

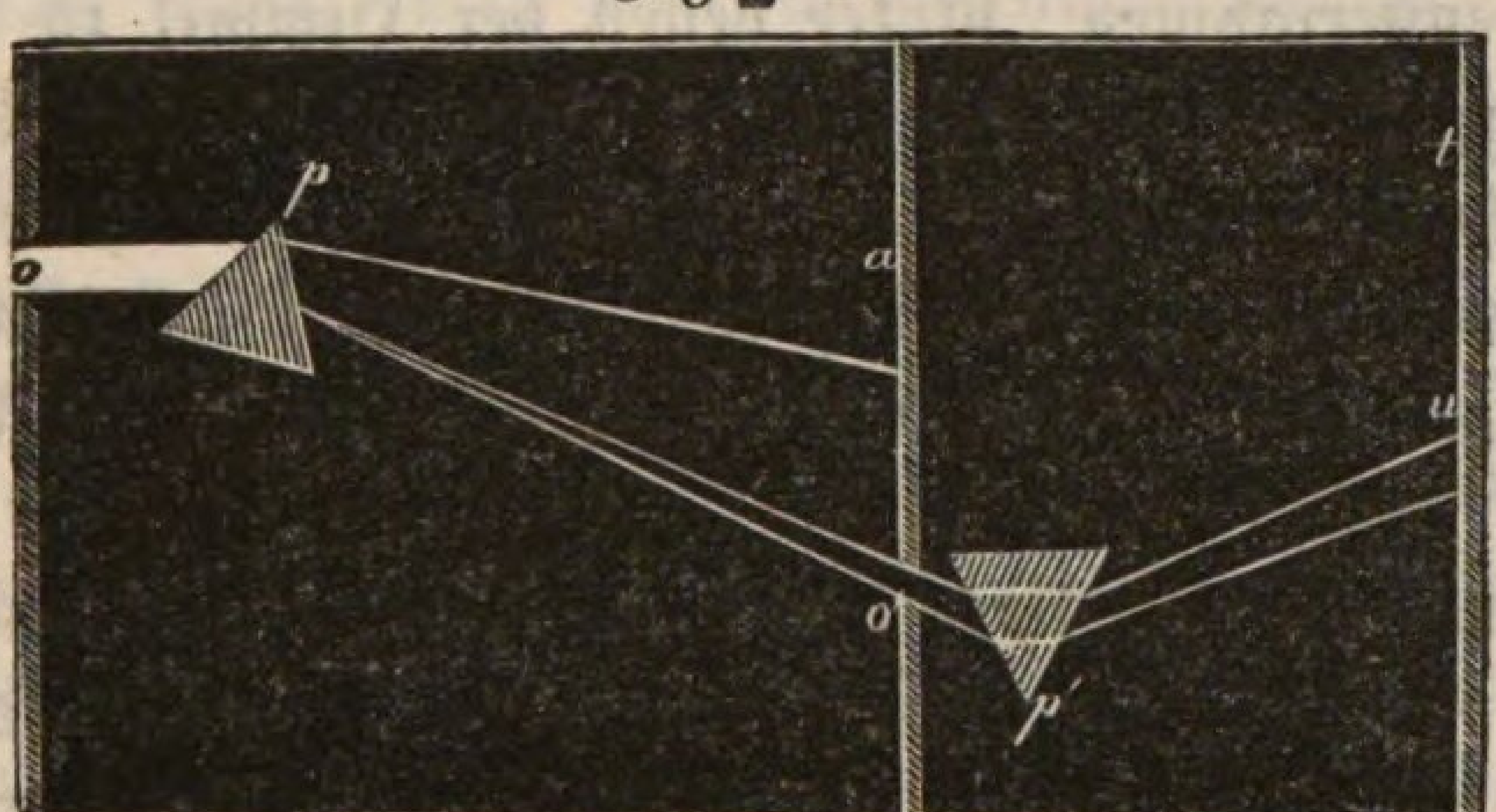
Fig. 185.



»das weiße Sonnenlicht ist aus verschiedenen gefärbten Strahlen zusammengesetzt.« —

Wie vorhin, lasse ich auch jetzt die Sonnenstrahlen durch *o* (Fig. 186) auf mein Prisma *p* fallen; gestatte aber, indem ich bei *o'*, also bei derjenigen Stelle, wo letztere auffallen, ein neues Loch mache, einigen, beispielsweise den violetten, ihren Weg fortzusetzen und sich in meinem zweiten Prisma (*p'*) zum zweiten Male zu brechen. Wie ihr Alle wahrnehmt, breiten sich die Strahlen nicht weiter aus. Da nun Dies bei allen gefärbten Strahlen der Fall ist; so dürfen wir auch an der Wahrheit des nachstehenden Satzes nicht zweifeln:

Fig. 186.

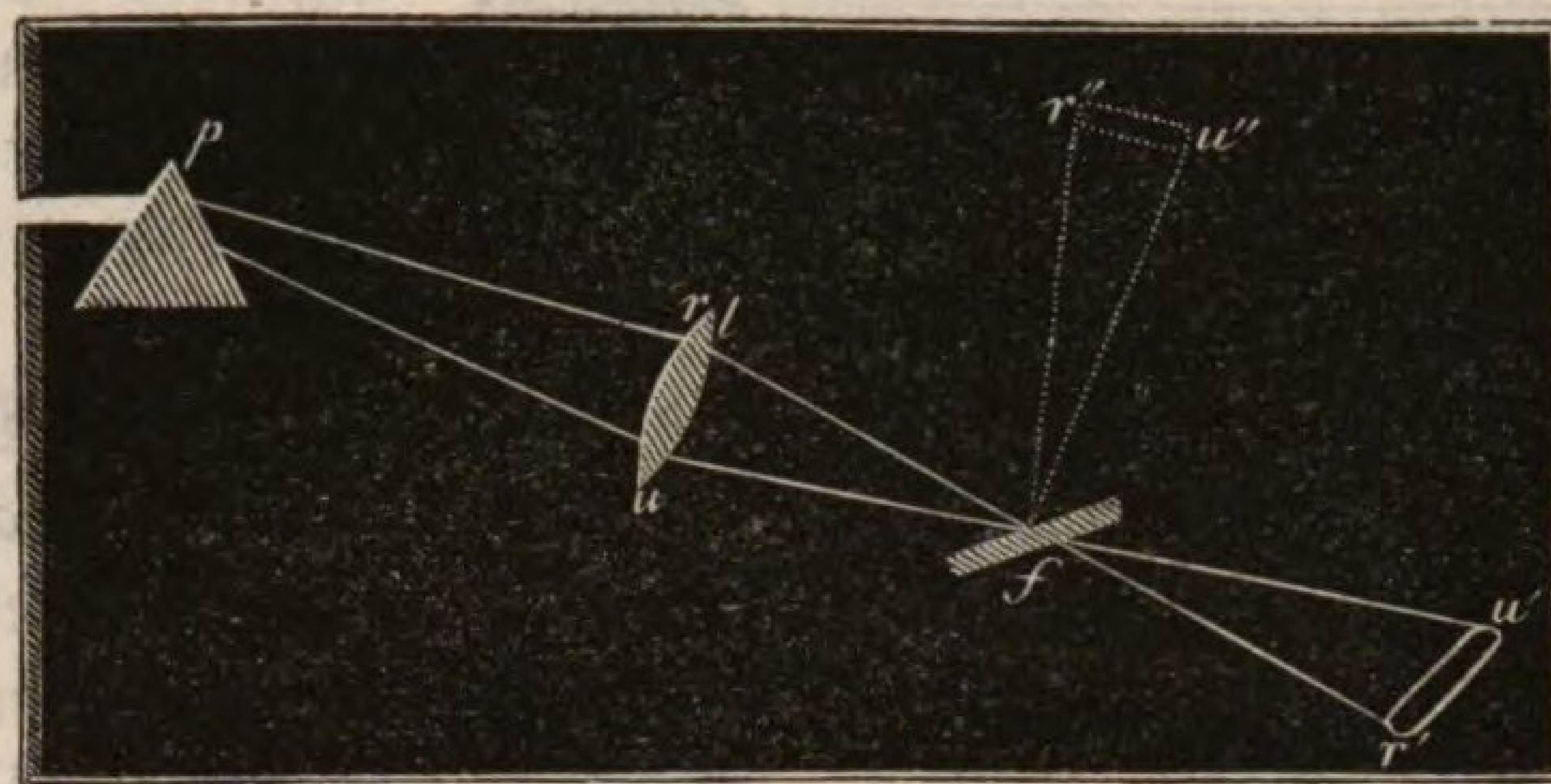


»jede Farbe des sogenannten Sonnen-Spektrums ist einfach.«

Endlich fange ich die Sonnenstrahlen, nachdem sie in dem Prisma *p* (Fig. 187, a. f. S.) gebrochen worden sind, vermittels einer ziemlich großen Sammellinse, *l*, auf. In welcher Absicht ich Dies thue, lehrt euch schon ein oberflächlicher Blick auf das in *f*, dem Brennpunkte jenes Glases, entstandene und entweder mit einem Papierschirme, oder einer matt geschliffenen Glasscheibe aufgefangene Bild. »Ist etwa Letzteres nicht wieder vollkommen weiß? und wo sind nun wol die reizenden Farben geblieben? — Halte ich den Schirm nicht in den Brennpunkt *f*, sondern von der Linse noch weiter entfernt; so entsteht ein neues, aber umgekehrtes Sonnen-Spektrum, *r' u'*. Bringe ich zuletzt

in *f* einen Spiegel an; so bilden die Strahlen, weil sie nun zurückgeworfen

Fig. 187.



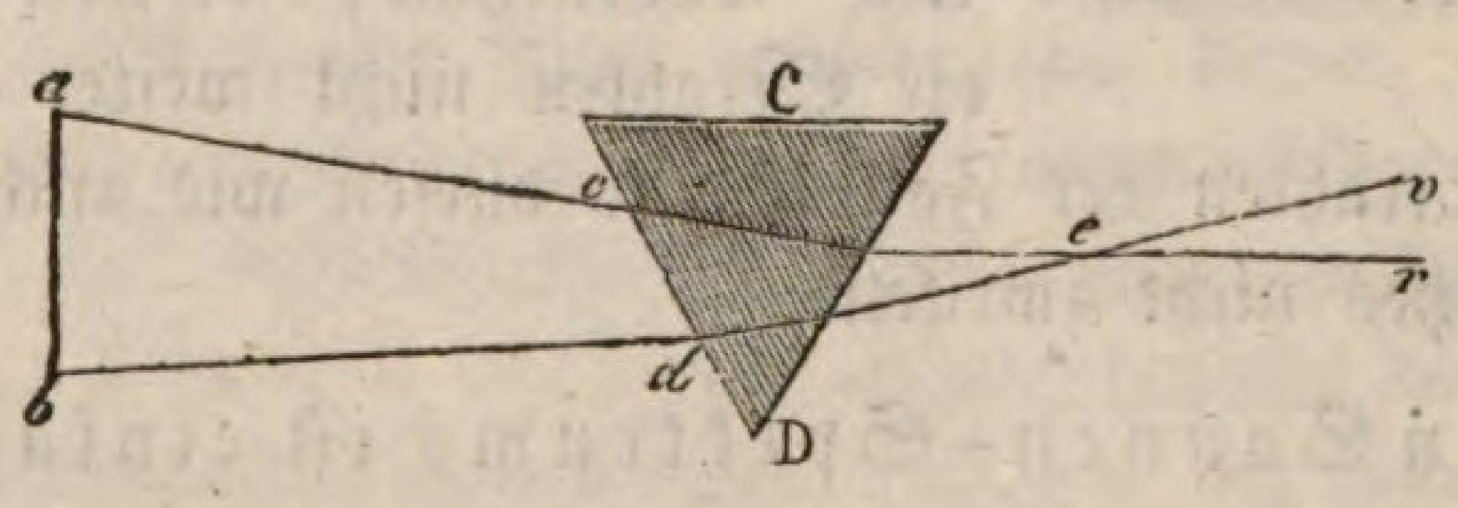
werden, abermals ein Sonnen-Spektrum, *u'' r''*. Die Hauptwahrheit, welche ihr aus meinem dritten Experimente zu entnehmen habt, bleibt jedoch immer diese:

»es ist möglich, aus den einfachen Farben des Sonnen-Spektrums das weiße Licht wieder zusammenzusetzen.«

So schön bei dem vorhin beschriebenen Verfahren das Farbenbild sich auch darstellen möge; so gewährt es uns doch ein noch anmuthigeres Schauspiel, wenn wir die Säule unmittelbar vor unsere Augen halten und bald diese, bald jene Gegenstände betrachten. Thuet es! »Erblickt ihr sie nicht alle mit einem prächtigen Saume bekränzt? erscheinen ferner die Farben desselben nicht desto lebhafter, je glänzender die zu beobachtenden Dinge selbst sind? und findet ihr endlich nicht ganz besonders die Fensterrahmen, hinter denen der Himmel zu sehen ist, mit glänzenden Farben geschmückt?« Bei einer etwas genauern Anschauung werdet ihr auch wahrnehmen, daß die eine Seite des Rahmens roth und gelb, die andere aber blau und violett sich zeigt, und daß ferner an keiner Seite alle Farben zugleich zu sehen sind. Auf ähnliche Weise verhält es sich mit andern Gegenständen.

Nehmet nochmals an, es sei *a b* (Fig. 188) ein Fenster oder eine Wand, und zwar *a* der obere, *b* der untere Rand des genannten Gegenstandes; *CD* ferner das Prisma, dessen scharfe Seite *D* unterwärts gekehrt ist; *a c* endlich ein Lichtstrahl, der von dem obersten Theile des Fensters auf *CD* fällt, hier gebrochen wird, und dessen rothes Licht dem Auge in der Richtung *e r* sich mittheilt! Die übrigen Farben desselben liegen über *e r* und treffen zwischen *r* und *v* auf die Netzhaut des Auges. Eben so stelle *b d* einen andern Lichtstrahl dar, der von dem untersten Theile des Fensters auf das Prisma hingeht, und dessen violetter Theil nach der Brechung den Strahl *e r* in dem Augensterne *e* durchkreuzt und in der Richtung *e v* ins Innere des Auges dringt. Die weniger gebrochenen Farben dieses Strahles gehen unterhalb *e v* ins Auge und zwischen *v* und *r* auf die Netzhaut. Alle übrigen Strahlen, die von dem Punkte der Wand oder des Fensters zwischen *a* und *b* zu dem

Fig. 188.



Prisma kommen und das Auge erst nach der Brechung berühren, treffen gleichfalls zwischen *r* und *v* auf die Netzhaut. In diesem Zwischenraume mischen sich daher die Farben der verschiedenen Strahlen so, daß sich die Hauptfarben in jedem Punkte desselben wieder vereinigen und ein weißes Licht hervorbringen. Nur an den Rändern bleibt auf der einen Seite das Gelb und Roth, auf der andern Seite das Blau und Violett vorherrschend. Wenn ihr daher ein Fenster durch ein solches Prisma betrachtet, dessen Lage horizontal und dessen brechender Winkel unterwärts, kurz ganz so, wie es euch meine Figur zeigt, gekehrt ist; so erscheint der obere Rand des Fensters roth und gelb, der untere blau und violett; kehrt ihr aber das Prisma um, so zeigen sich auch die Farben in umgekehrter Ordnung.

Verhindert, noch mehrere hierher gehörige Experimente anzustellen, gebe ich euch sofort an, was ihr euch sonst noch über das farbige Licht einzuprägen habt.

1. Jeder farbige Strahl, den wir vermittels einer eigenen Vorrichtung auf ein zweites Prisma fallen lassen, wird von dem Wege, den er eingeschlagen hat, bald mehr, bald weniger abgelenkt. Die stärkste Ablenkung findet bei dem violetten, die geringste bei dem rothen Strahle Statt. Wer sich diese verschiedene Brechbarkeit einiger Maßen erklären will, halte nur die Ansicht fest, daß die Farben aller Wahrscheinlichkeit nach von der verschiedenen Schwingungsdauer der Lichtwellen herrühren.

2. Solche Körper, welche das Licht in derjenigen Mischung zurückwerfen, die dem Sonnenlichte eigen ist, nennen wir weiß; andere, die entweder gar kein Licht, oder doch nur so äußerst wenig von sich lassen, daß es auf unser Auge keinen merklichen Eindruck macht, schwarz; noch andere, welche das Licht auf eine ähnliche Art, wie das Prisma, zertheilen und uns bald nur einen gefärbten Strahl, oder diesen vorzugsweise, bald auch mehrere Strahlen von verschiedener Mischung zurücksenden, also nach Umständen: violett, orange u. s. w. Allein hieraus entsteht das verschiedene Aussehen der Körper mit Rücksicht auf deren Farbe. Es ist in der That bewundernswürdig, in welcher Mannigfaltigkeit die Farben erscheinen. Schon eine einzige Art bietet eine große Menge von Abstufungen dar. Betrachtet nur einmal im Frühjahr einen Garten, der mit mancherlei Bäumen bepflanzt ist! und ihr werdet über die zahlreichen Töne erstaunen, in denen das Grün der Blätter vor eure Seele tritt. Dennoch aber dürfen wir behaupten, daß die Abstufungen dieser Farbe noch lange nicht erschöpft sind.

Recht interessant sind auch alle diejenigen Erscheinungen, welche uns über die Mittelfarben in Kenntniß setzen. Um sie gleichsam hervorzuzaubern, bedürfen wir nur einer gewöhnlichen Glaslinse, und etwa eines Schirmes mit parallelen Oeffnungen, der es uns möglich macht, jene so zu bedekken, daß wir beliebig bald nur zwei, bald mehrere Farben auffallen und nach der Brechung sich wieder vereinigen lassen können. Nicht minder zu dem bezeichneten Zwekke geeignet ist Busolt's Farbenkreisel. Gesetzt, ich hätte einen gewöhnlichen Kreisel mit einer rothen, gelben und blauen, oder auch mit einer rothen, grünen violetten Scheibe beklebt und versetzte ihn dann in eine möglichst schnelle Bewegung; dann würdet ihr ihn während seines Tanzens fast vollkommen weiß sehen. Blos mit gelbem und blauem Papier bekleidet, erscheint er grün; nur

mit gelbem und rothem Papiere orange; allein mit grünem und violettem: blau. Da nun Grün durch Gelb und Blau entsteht, und Roth, Gelb und Blau Weiß geben; so nennt man Grün die Ergänzungsfarbe (complementäre Farbe) von Roth. »Welches ist nun wol nach obigen Beispielen die Ergänzungsfarbe 1. von Gelb und 2. von Orange?« von ersterer Violett, von letzterer Blau. Ungeachtet aller dieser Erscheinungen bleibt doch die Behauptung, daß das Sonnenlicht nur aus drei Farben, nämlich aus Roth, Gelb und Blau, bestehe, mit unsern jetzigen Kenntnissen über das Licht unvereinbar. Schon die verschiedene Brechbarkeit der andern Farben spricht gegen sie.

4. Als eine recht üble Folge davon, daß mit der Brechung der Lichtstrahlen eine Farbenzerstreuung verbunden ist, steht die Undeutlichkeit da, mit der wir durch gewöhnliche Glaslinsen die Gegenstände sehen. Glücklicher Weise kennen wir auch Glaslinsen von besserer Beschaffenheit. Es giebt nämlich zwei Glasarten, Kron- und Flintglas, welche, weil sie das Licht zwar fast gleich stark brechen, die Farben aber in verschiedenem Grade zerstreuen, es uns möglich machen, solche Prismen und Linsen zu verfertigen, bei denen die bekannten farbigen Ränder beinahe gänzlich verschwinden. Dergleichen Prismen und Linsen werden farblose oder achromatische Prismen und Linsen genannt. Wie überaus nützlich hauptsächlich achromatische Glaslinsen sind, wissen besonders die Astronomen sehr gut, die sich der Fernröhre, Spiegel-Teleskope u. dgl. so oft zu bedienen haben. »Sollte nicht auch die Kristalllinse unserer Augen, da doch in ihr das Licht ohne Farbenzerstreuung gebrochen wird, auf eine ähnliche Weise zusammengesetzt sein?«

§. 13.

Einige optische Erscheinungen der Atmosphäre.

a. Der Regenbogen.

Der Regenbogen ist nicht nur eine der überraschendsten, sondern auch schönsten Erscheinungen in der Natur. Wie durch einen Zauberschlag hervorgerufen, steht er, ehe wir es uns versehen, vor unsern Augen da, und bildet den kühnen, in allen Farben erglänzenden Bogen, der mit seinem Fuße die Erde und mit seinem Scheitel den Himmel berührt. Die wichtigsten Beobachtungen mit Rücksicht auf ihn sind folgende:

1. Er erscheint uns nur dann, wenn wir zugleich Regen und Sonnenschein haben; wenn sich ferner Wolke und Sonne auf einander entgegengesetzten Seiten des Himmels befinden; und wenn endlich diejenige gerade Linie, welche wir uns von der Sonne aus durch das betrachtende Auge gezogen denken, den Mittelpunkt des Kreises trifft, von welchem er ein Theil ist.

2. Seine Größe hängt von dem Stande der Sonne über dem Horizonte ab. — Am ansehnlichsten zeigt er sich bei dem Auf- und Untergange der Sonne; auch nur zu dieser Zeit bildet er einen vollkommenen Halbkreis, und steigt beinahe bis zu der Höhe von 45 Graden, d. h. bis zur Hälfte

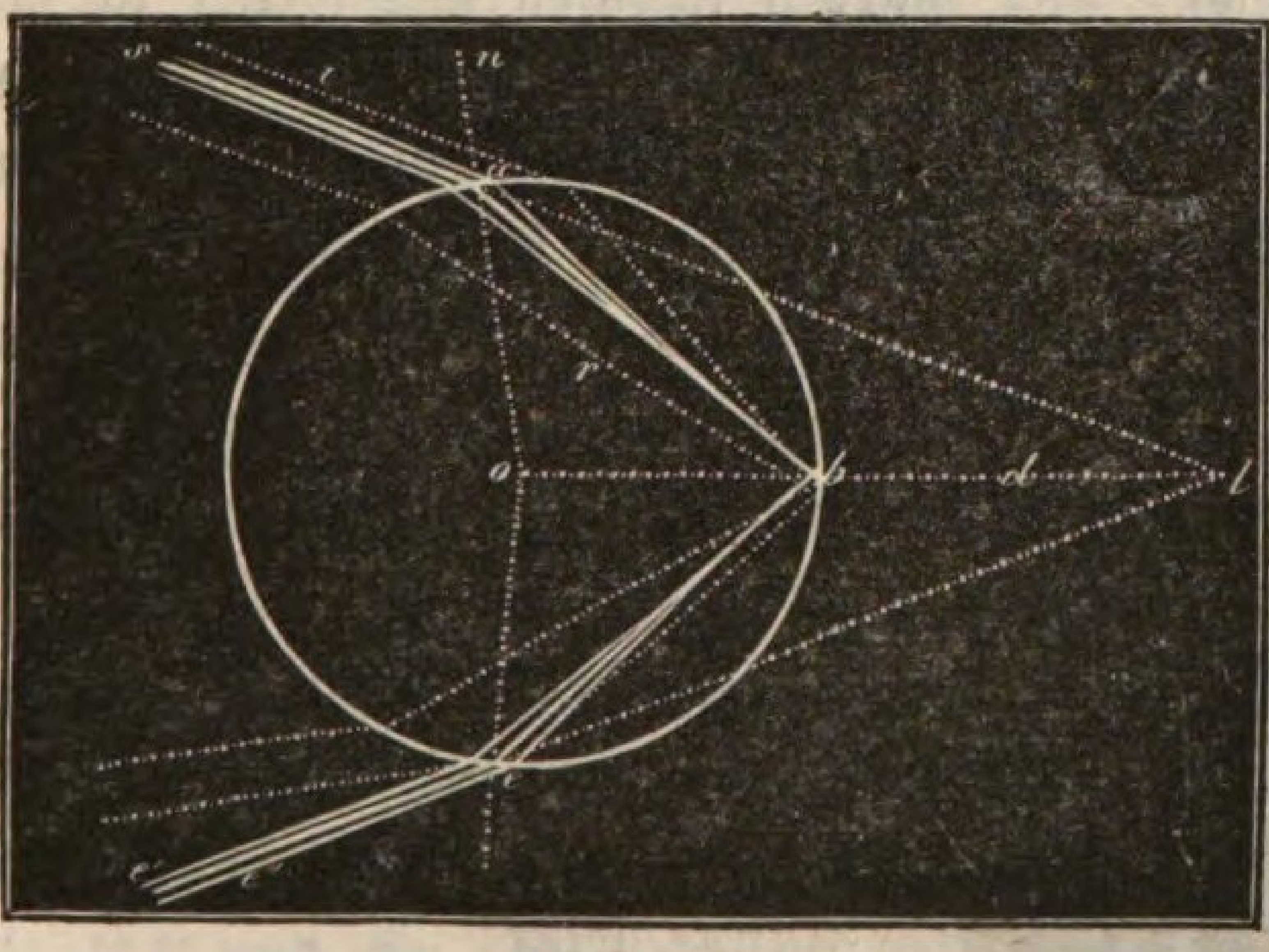
des Abstandes zwischen dem Horizont und dem Scheitelpunkte, empor. Unkundige legen ihm in der Regel eine noch bedeutendere Höhe bei. Ihre Täuschung beruht auf demselben Grunde, aus dem uns das Himmelsgewölbe nicht, wie es wirklich ist, kugelig, sondern abgeplattet erscheint.

3. Wir sehen ihn bald ganz, bald nur theilweise; ferner bald einfach, bald gedoppelt. — In dem zuletzt bezeichneten Falle sprechen wir von einem Haupt- und einem Nebenregenbogen: jener zeigt uns die prismatischen Farben in der Ordnung, daß das Violett die innere, mithin das Roth die äußere Begrenzung bildet; dieser, welcher dem Hauptregenbogen parallel ist, aber bei Weitem dessen Lebhaftigkeit nicht besitzt, kehrt das bezeichnete Verhältniß um, d. h., er läßt das Violette nach außen, das Rothe nach innen bemerken. Beide Regenbogen liegen ungefähr 10 Grade von einander entfernt; der Hauptregenbogen nimmt den tiefern, der Nebenregenbogen den höhern Standpunkt ein. —

Mit Rücksicht auf die zuerst angegebene Beobachtung haben die Physiker den Regenbogen schon längst für eine Wirkung der in den Wassertropfen gebrochenen Lichtstrahlen erklärt. Und das ist er auch in der That. Wer sich hiervon durch einen recht einfachen Versuch überzeugen will, lasse aus dem durchlöcherten Knopfe einer Gießkanne Wasser fließen, oder schikke vermittels einer Handspritze einige Gaben desselben in die Höhe, und nehme dabei jedes Mal einen solchen Standpunkt ein, daß sich die Sonnenstrahlen in den niederfallenden Tropfen brechen können. Schon ein Glas Wasser, den Strahlen der Sonne auf ähnliche Weise ausgesetzt, erfreut uns mit dem anmuthigen Farbenspiele.

Ueber den Gang, den die Sonnenstrahlen in solchen Tropfen verfolgen, welche den Hauptregenbogen bilden, giebt uns die 189ste Figur Aufschluß. Der Kreis *abca* stellt eine kleine Wasserkugel und *sa* einen diese treffenden Sonnenstrahl vor. Letzterer erleidet, bei *a*, der Trennungsebene der hier obwaltenden durchsichtigen Mittel, angelangt, eine Brechung der Art, daß er die Rückwand des Tropfens bei *b* berührt. Hier wird er theils nach *c* reflektirt, theils geht er nach einer neuen Brechung in die Luft zurück. Jener erste Theil verläßt bei *c*, nachdem auch er eine zweite Brechung erlitten hat, gleichfalls die in Rede stehende Wasserkugel und schlägt fortan die mit *cc'* bezeichnete Richtung ein, u. s. w. Der ganze Vorgang giebt euch jedoch noch mancherlei zu bedenken:

Fig. 189.



1. Alle Sonnenstrahlen, welche den Regentropfen treffen, sind aus Gründen, die ihr einst bei Betrachtung der gekrümmten Spiegel kennen gelernt habt, als unter sich parallel anzunehmen; allein sie verfolgen, wann sie die kleine

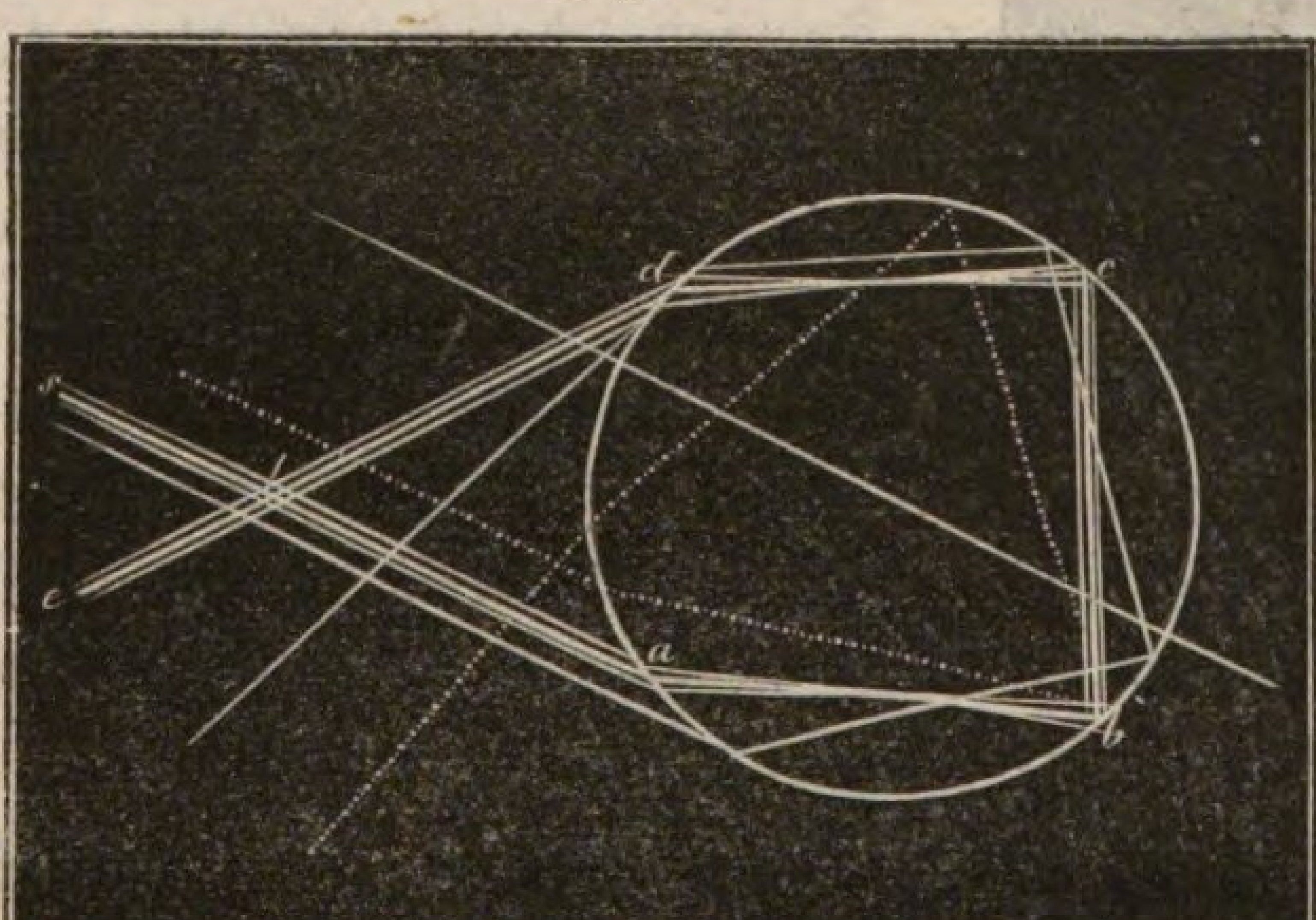
Wasserkugel verlassen, verschiedene Richtungen (vergleichet in der Figur die Wege der punktirten mit denen der ausgezogenen Strahlen!).

2. Der zweimaligen Brechung wegen, die sie in dem Regentropfen erleiden, werden sie, wie durch eine Glasprisma, zertheilt; es ist daher stets farbiges, nämlich bald rothes, bald blaues, bald gelbes Licht u. dgl., das in des Beobachters Auge fällt.

3 Nie wirkt ein einzeln austretender Strahl so stark, daß er für sich allein in irgend einem Auge einen merklichen Eindruck hervorbringen könnte; letzterer entsteht vielmehr erst durch ein Bündel paralleler Strahlen. Nun aber giebt es unter den unzähligen Strahlen, welche von der kleinen Wasserkugel zu uns gesendet werden, immer eine Menge solcher, deren Divergenz äußerst gering ist, so daß sie gleichsam ein Bündel bilden und wie mit einander vollkommen gleichlaufende Strahlen wirken.

4. Eben jenes parallel austretende Strahlenbündel bringt in dem Auge den bekannten Eindruck zuwege, und macht ferner mit den einfallenden Strahlen, wie Dies die Geometrie beweist, einen Winkel von ungefähr 42 Graden. Wer einen Zirkel unter einem solchen Winkel öffnet, den Scheitelpunkt dicht vor sein Auge und den einen der beiden Schenkel nach dem Centrum des Regenbogens hält, wird den andern Schenkel stets nach dem Regenbogen selbst gerichtet finden; wer ferner, während er das beschriebene Experiment macht, den Zirkel so herumdreht, als wolle er mit dem zweiten Schenkel (der erste ändert seine Lage nicht) einen Kreis zeichnen (nicht jeder Zirkel eignet sich zu einem solchen Versuche), giebt in der Wolke die ganze Stelle des Regenbogens an. Nur das Wenige brauchen wir zu kennen, um die Höhe, zu der sich ein Regenbogen bei einem gewissen Stande der Sonne über den Horizont erheben kann, jederzeit schnell zu berechnen. Der Unterschied zwischen 42 Graden einer- und der Sonnenhöhe andererseits bestimmt des Regenbogens höchsten Punkt. »Wieviel beträgt nun wol die Höhe eines solchen Bogens, wenn die Sonne 10, 20, 30 u. s. w. Grade hoch steht? und warum nehmen wir ferner nie einen Regenbogen wahr, wenn die Sonne bereits eine Höhe von 42 Graden und darüber erreicht hat?« In unsern Gegenden gelangt sie zur Zeit des Sommers schon Vormittags gegen 9 Uhr zu der bezeichneten Höhe von 42 Graden und sinkt erst Nachmittags um 3 Uhr wieder tiefer hinab. Lasset es euch daher nicht befremden, daß sich in dieser Jahreszeit von 9 Uhr Vor- bis 3 Uhr Nachmittags nie ein Regenbogen bildet, ungeachtet er sich doch im Winter zuweilen selbst um die Mittagsstunde zeigt!

Fig. 190

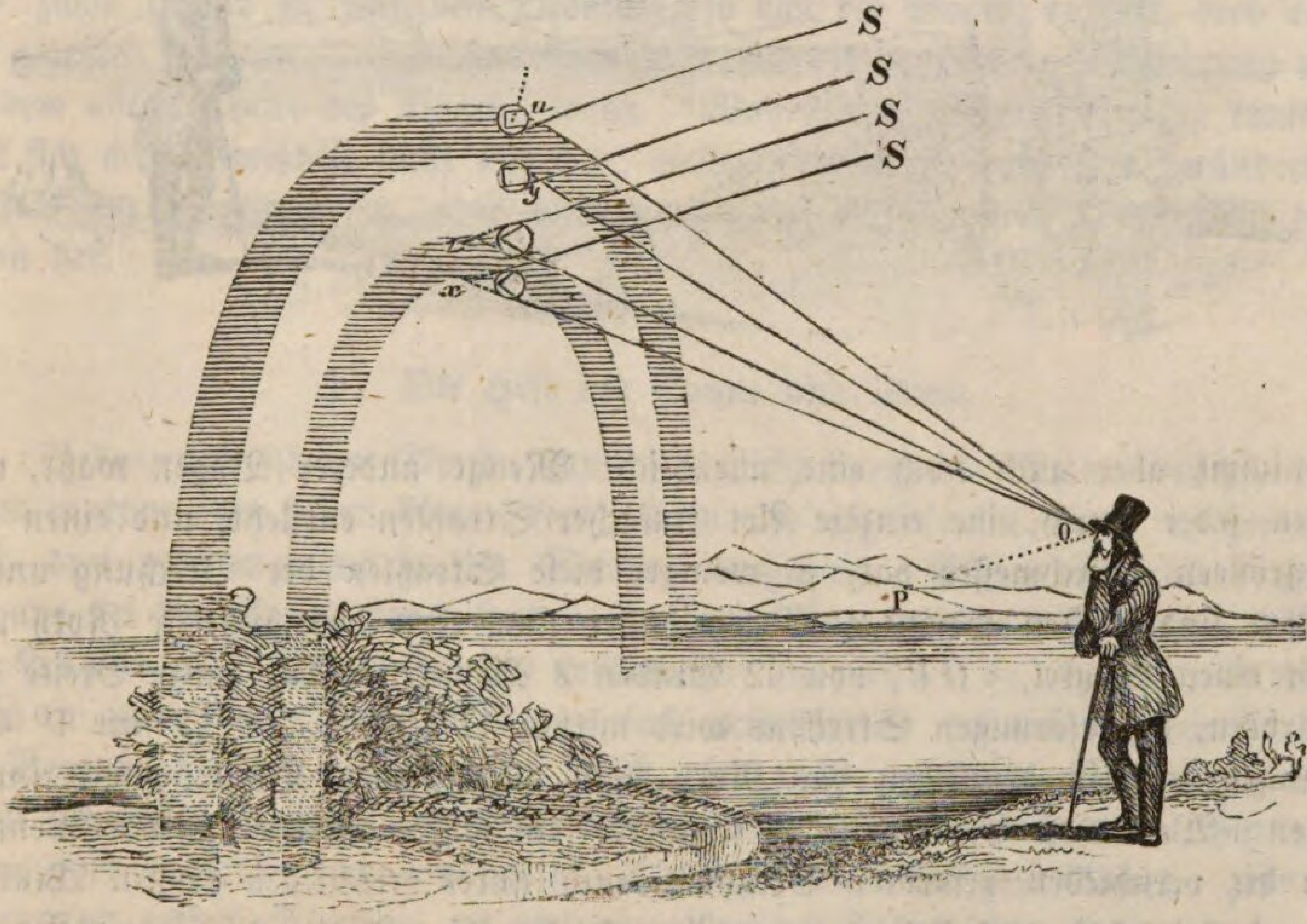


Den Nebenregenbogen bewirken höher gelegene Tropfen. Der Weg, welchen die Strahlen bei ihm verfolgen, ist aus Figur 190 zu erkennen. *s a* stellt auch hier ein Strahlenbündel vor. Wenn ihr nun

seht, daß dasselbe in *a*, wo es die Wasserkugel *a b c d* trifft, die erste Brechung, in *b* die erste Zurückwerfung, in *c* die zweite Zurückwerfung und in *d* die zweite Brechung, erleidet; so steht gewiß der Unterschied zwischen diesem Vorgange und jenem, den ihr bei der Bildung des Hauptregenbogens kennen gelernt habt, klar vor eurer Seele da. Mit Hülfe geometrischer Sätze läßt es sich darthun, daß das Strahlenbündel, welches bei *d* wieder in die Luft übergeht, mit derjenigen Linie, die ihre Richtung nach dem Mittelpunkte des Bogens hin nimmt, unter einem Winkel von ungefähr 52 Graden ins Auge gelangt.

»Woher erscheint wol aber bei dem Hauptregenbogen der äußere Rand roth, der innere violett? und warum ist Dies bei dem Nebenregenbogen gerade umgekehrt der Fall?« Theils als Antwort hierauf, theils zur Wiederholung alles Dessen, was ihr bereits über den Regenbogen anzugeben wißt, setze ich euch hier no ch eine schöne Figur her. Dieselbe

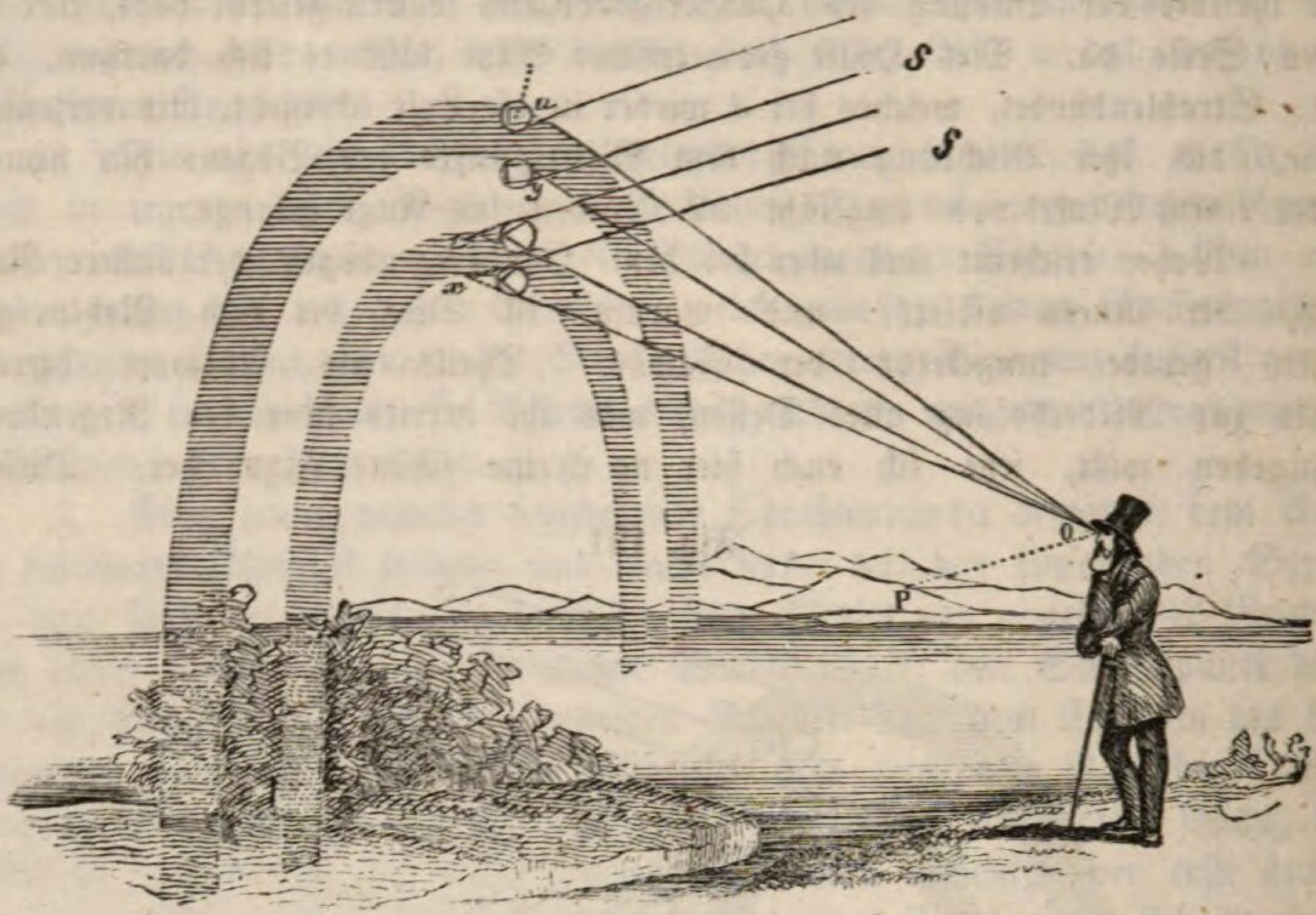
Fig. 191.



zeigt euch 1. einen Mann, der von *O* aus eine große Regenwolke betrachtet; 2. die Linie *O P*, welche den Weg von seinem Auge bis zur Mitte der Sonne hin angiebt, also auch denjenigen, welcher von den einfallenden Strahlen verfolgt wird; die Winkel *x O P*, *z O P*, *y O P* und *u O P*, unter denen dem Auge des Beobachters der jedesmalige Halbmesser des Regenbogens erscheint, und die, weil *O P* und *Sx*, *Sz* u. s w. für parallele Linien gelten, den ihnen zugehörigen Wechselwinkeln, *SxO*, *SzO*, *SyO* oder *SuO* gleich sind. Gesetzt nun, es betrüge der Winkel *x O P* 40 Grade und 17 Minuten, und man ließe *x O* sich um *O P* so drehen, daß sie die Oberfläche eines Kegels beschriebe; »würden etwa dann nicht alle Wasserkügelchen, die sich auf der Verlängerung jener Oberfläche befänden, genau die erforderliche Lage besitzen, daß nämlich die violetten, als die am meisten brechbaren Strahlen, nachdem sie zwei Mal gebrochen und zwischen beiden Brechungen e i n Mal zurückgeworfen worden wären, parallel

aus dem Tropfen hervorträten und zum Auge in *O* gelangen könnten?« Unter solchen Umständen erblickt der Beobachter auf der Wolke einen violetten Bogen;

Fig. 192.



er nimmt aber auch noch eine unendliche Menge anderer Bogen wahr, von denen jeder durch eine einzige Art einfacher Strahlen entsteht, und einen um so größern Durchmesser hat, je weniger diese Strahlen der Brechung unterworfen sind. Den weitesten Bogen bildet nun eben das äußerste Roth und giebt einen Winkel, *z O P*, von 42 Graden 2 Minuten. Die ganze Breite des gefärbten, bogenförmigen Streifens wird mithin $42^0\ 2' - 40^0\ 17' = 1^0\ 45'$, betragen und in demselben das Roth nach außen, das Violett nach innen liegen Wem diese Erörterung zu schwierig sein sollte, erwäge nur das Wenige, daß die verschieden gefärbten Strahlen auch unter verschieden großen Winkeln gebrochen werden, und daß in jedem Augenblikke, da wir uns der schönen Naturerscheinung erfreuen, viele Regentropfen über und unter einander zu liegen kommen. Hat z. B. das Auge eine solche Lage, daß es von dem blauen Lichte getroffen wird; dann gehen die andern farbigen Strahlen, weil sie sich weniger brechen, unter ihm unwirksam hinweg, während es aus einem höher liegenden Tropfen vielleicht die grünen Strahlen (in diesem Falle gehen die violetten, indigo und blauen, als die stärker gebrochenen Strahlen, über, hingegen die gelben, orangen und rothen, als die schwächer gebrochenen, unter ihm fort) erhalten kann u. s. w.: kurz, es ist möglich, daß es aus einer Reihe über einander liegender Tropfen alle prismatischen Farben sieht.

Betrachtet weiter die Linien *Oy* und *Ou*, welche mit *OP* Winkel von $50^0\ 59'$ und $54^0\ 9'$ bilden, und lasset sie beide unter diesen Neigungen sich um *OP* als Achse drehen! »muß dann nicht *Oy* alle diejenigen Kügelchen treffen, von denen die äußersten rothen Strahlen, nachdem sie eine zweimalige Brechung und Zurückwerfung erlitten haben, parallel zum Auge zurückgesandt werden,

und wird etwa nicht u, die zweite jener Linien, die Grenze für die äußersten violetten Strahlen angeben?« Auch hier erblikken wir zwischen den bezeichneten Bögen alle prismatischen Farben, kurz wieder einen Streifen, der aber zu seiner Breite $54^0\ 9' - 50^0\ 59' = 3^0\ 10'$ hat. In diesem Streifen liegt offenbar das Roth in-, das Violett auswendig, also mit Rücksicht auf den ersten Streifen in umgekehrter Ordnung. Der Abstand beider gefärbten bogenförmigen Kreise ist $= 50^0\ 50' - 42^0\ 2' = 8^0\ 57'$. Die Correctur, welche dadurch nöthig wird, daß die Sonne kein Punkt ist, sondern einen scheinbaren Durchmesser von 30′ besitzt, übergehe ich hier; die Ursache ferner, daß die Farben des Nebenregenbogens ungleich schwächer sind, als im Hauptregenbogen, liegt in der größern Zerstreuung, welche die Strahlen auf dem längern Wege erleiden.

Zuweilen schließt sich an die innere Seite des Hauptregenbogens noch eine zweite Farbenreihe, an diese wol eine dritte, ja vielleicht noch eine vierte, und zwar immer in derselben Ordnung, so daß der Bogen doppelt, drei- oder gar vierfach erscheint. Gewöhnlich nehmen wir die bezeichnete Erscheinung nur an dem obern Theile des Bogens wahr. Woher diese Vervielfältigung komme, läßt sich mit Gewißheit nicht angeben; vielleicht rührt sie von einer veränderten Gestalt der Regentropfen, oder auch von einer verschiedenen Dichtigkeit derselben her.

b. Die Höfe um Sonne und Mond.

Bekanntlich ist der Mond, wann sein Licht durch die Wolken dringt, von einem matten oder hellen Ringe, ferner bald nur von einem, bald wieder von zwei, drei oder mehrern solchen Streifen umgeben. Etwas Aehnliches stellt sich uns bei der Sonne dar. Haben sich diese Ringe, welche den Namen Höfe um Sonne und Mond führen, vollkommen ausgebildet; so erglänzen sie nicht selten in aller Pracht und weisen uns fast unwillkürlich auf die lieblichen Farben des Regenbogens hin. Das reine Weiß wird z. B. in einiger Entfernung von einem bläulichen Weiß, dieses ferner von einem gelben und noch weiter hin von einem rothen Kreise, letzterer endlich allmälig von violetten, blauen, grünen, gelben und rothen Streifen, als von einer zweiten Farbenfolge, begrenzt.

Wenn ihr etwa glaubt, daß sich jene Höfe wirklich in der Nähe der Sonne und des Mondes befinden; so erwäget ihr nicht, daß sie dann auch von Allen, welche die genannten Himmelskörper über ihrem Gesichtskreise haben, wahrgenommen werden müßten. Letzteres ist aber keinesweges der Fall. Wäre zwischen der Sonne und dem Monde einer- und den beschriebenen farbigen Kreisen andererseits irgend ein Körper, mit Hülfe dessen wir die gegenseitige Entfernung beider messen könnten; so dürfte wol nur selten Jemand dieser optischen Täuschung anheimfallen.

Noch immer sind die Physiker über die Entstehung der Höfe um Sonne und Mond nicht einig. Viele schreiben sie dem Vorhandensein kleiner Dunstbläschen zu. Daß diese Meinung keine verwerfliche ist, zeigt euch eine etwas angehauchte Scheibe von recht reinem Glase, durch die ihr nach einem entfernten Lichte blickt. Wir machen sogleich das einfache Experiment. Und sehet! auch das Licht hat einen Hof, der in seiner Nähe weiß, in einiger Entfernung

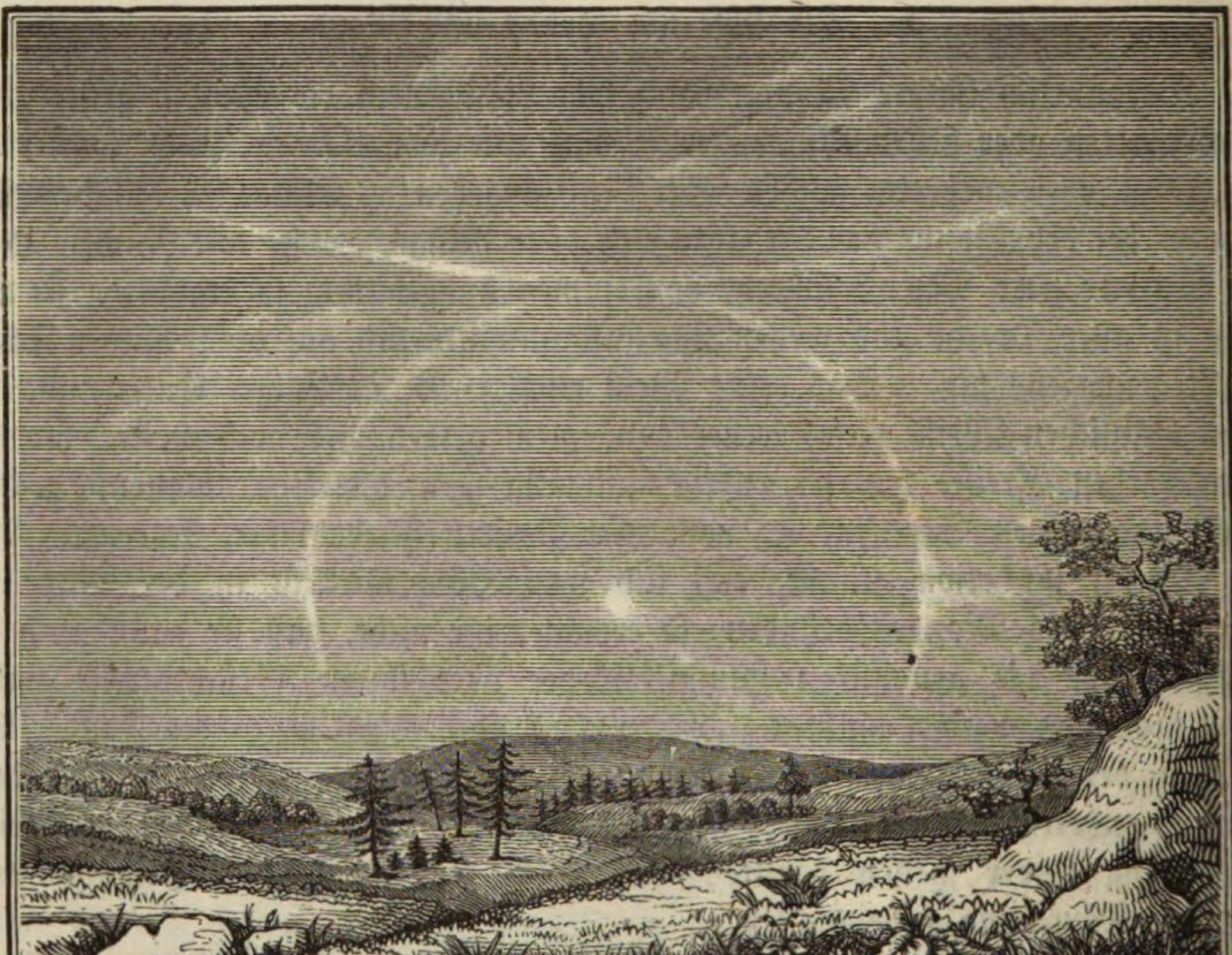
aber gelb und roth gefärbt ist. Wir wiederholen unsern Versuch noch einige Mal. So gelangen wir denn zu der Kenntniß, daß der Hof desto größer und schöner erscheint, je feiner die ausgeathmeten Dunsttheilchen sich angelegt haben, und daß ferner die farbigen Streifen bei einem recht starken Anhauchen, wobei zwar ansehnlichere, aber auch unregelmäßigere Thautröpfchen sich bilden, in nur blaß erhellte Kreise übergehen. Ungemein brillant ahmt Derjenige die Erscheinung der Höfe nach, welcher etwas Bärlappsamen (semen lycopodii) auf eine Scheibe von recht reinem Glase streut und dann erst durch dieselbe nach irgend einer Kerzenflamme sieht.

Wie die Höfe um Sonne und Mond, erklären wir auch andere Kreise, die wir zuweilen um den Kopf unseres eigenen Schattens bemerken, wenn nämlich dieser in einen Nebel fällt.

c. Die Nebensonnen und die Nebenmonde.

Zu manchen Zeiten sehen wir nicht eine Sonne, sondern deren zwei, drei, vier, fünf, sechs, ja sieben; und so auch zuweilen nicht einen Mond, sondern zwei, drei, und mehrere dergleichen Trabanten. Die 193ste Figur stellt die Erscheinung so dar, wie wir sie am häufigsten zu beobachten Gelegenheit

Fig. 193.



haben. Alle Nebensonnen und Nebenmonde geben an Schönheit und Farbenglanze selbst dem Regenbogen nur wenig nach, und erscheinen mit ähnlichen

Kreisen, wie ihr sie bei den Höfen um Sonne und Mond kennen gelernt habt, geschmückt. In der Regel verschwinden sie schon nach einigen Minuten wieder. Sie sind ebenfalls nichts anders, als Bilder der Sonne und des Mondes, die in den Dünsten, wie von einem Spiegel, zurückgeworfen werden.

d. Die Bläue des Himmels.

Je nach dem Zustande der Atmosphäre erscheint uns der heitere Himmel bald mehr, bald weniger blau, ja auf hohen Bergen zuweilen fast schwarz. »Wie aber erklären wir uns diese Erscheinung am besten?« Wäre die Luft vollkommen durchsichtig, reflectirte sie also gar kein Licht; so würden wir den Himmel ganz schwarz und auf ihm die Sonne, den Mond und die Sterne glänzend erblikken. Nun aber wirft sie das Licht zurück, vorzugsweise das blaue, und so kommt es denn, daß uns der an und für sich dunkle Himmelsraum mit Blau überzogen erscheint. Je höher wir uns in die Atmosphäre erheben, desto dünner wird dieser Ueberzug, desto dunkler also auch der Himmel.

e. Die Abend- und die Morgenröthe.

Beide Erscheinungen rühren wahrscheinlich von dem in der Luft enthaltenen Wasserdampfe her. Letzterer ist im gasförmigen Zustande vollkommen durchsichtig und läßt alle das weiße Licht zusammensetzenden Strahlen in gleichem Verhältnisse durch. Anders steht es mit ihm bei seinem Uebergange in den dunstförmigen Zustand; jetzt begünstigt er nämlich die rothen und die gelben Strahlen mehr, als die andern, d. h., er setzt ihnen bei ihrem Fortgange fast gar kein Hinderniß entgegen. Jener Uebergangszustand tritt aber ein: 1. gegen Sonnenuntergang, wann die Thaubildung ihren Anfang nimmt; und 2. nach Sonnenaufgange, da zufolge der Erwärmung der Atmosphäre und der Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlen der Thau sich wieder in eine gasförmige Flüssigkeit verwandelt.

Die Abendröthe wird gewöhnlich als eine Anzeige von gutem, hingegen die Morgenröthe als ein Vorbote von schlechtem Wetter angesehen. Auch hiermit stimmt die obige Theorie überein. Ist nämlich die Luft mit Wasserdämpfen reich angefüllt; so kann sich die Sonne bei ihrem Untergange nur in einem schwach getötheten Lichte zeigen. Umgekehrt läßt uns ein lebhaftes Morgenroth auf einen großen Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre schließen.

f. Die Abend- und die Morgendämmerung.

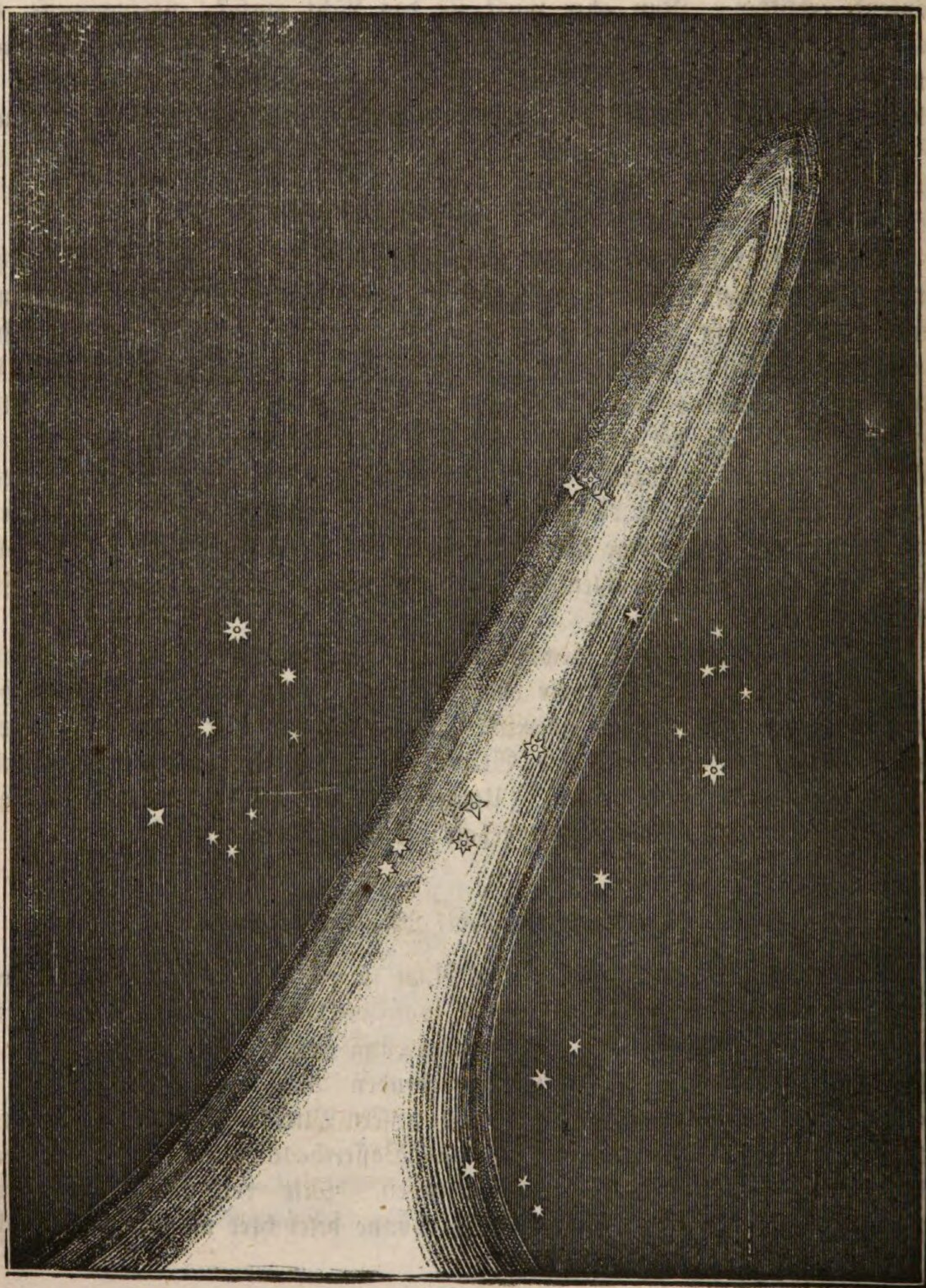
So heißen die bekannten, unserm Auge so wohlthuenden Uebergänge vom Lichte zur Finsterniß, oder, umgekehrt, von der Finsterniß zum Lichte. Sie sind leicht zu erklären. Die Abenddämmerung rührt daher, daß die Luft am westlichen Himmel und die in ihr schwebenden Wassertheilchen noch von der Sonne beschienen werden, nachdem dieselbe unsern Blikken schon entschwunden ist, und daß ferner diese erleuchteten Luft- und Wassertheilchen uns noch ein allmälig mehr und mehr abnehmendes Licht zusenden. Mit der Morgendämmerung verhält es sich in ähnlicher Weise. Die Sonne beleuchtet nämlich schon früher,

als sie sich selbst uns zeigen kann, die obern Luftschichten des östlichen Horizonts; diese aber werfen einen Theil des erhaltenen Lichtes zurück, und rufen eben dadurch die Erscheinung hervor, welche wir mit dem Namen Morgendämmerung belegen.

g. Das Zodiakal-Licht.

Das Zodiakal-Licht, welches fast nur die Bewohner der tropischen Erde zu sehen bekommen, besteht in einem hellen Streifen, der sich vor dem Aufgange der Sonne am östlichen, nach dem Untergange derselben aber am westlichen Horizonte zeigt. Möge euch die hier beigefügte Abbildung (Fig. 194)

Fig. 194.



eine klare Vorstellung von dieser eigenthümlichen Erscheinung geben. Manche Physiker sehen das Zodiakal-Licht für eine Wirkung der Sonnen-Atmosphäre an; andere wieder schreiben es, und gewiß mit haltbarern Gründen, einem Nebelringe zu, der sich um die Königin des Tages gezogen hat.

§. 14.

Das Gesichts-Organ des Menschen.

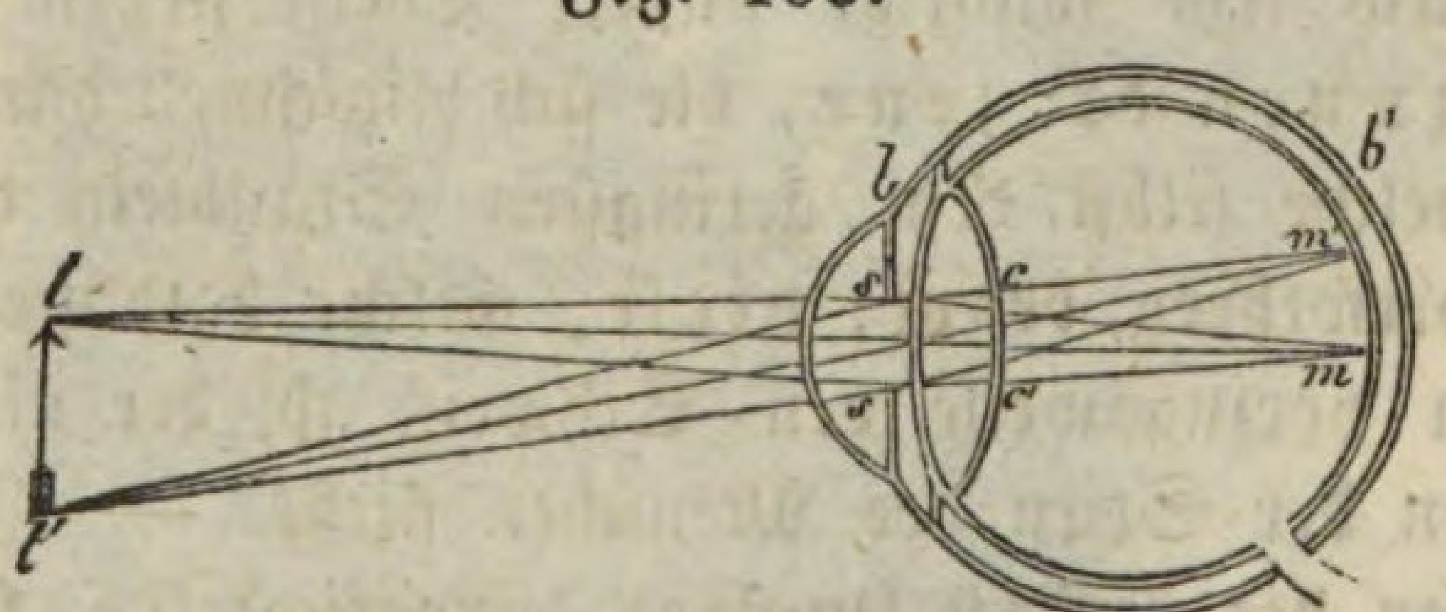
Bevor ich euch das Organ beschreibe, durch welches wir die Lichterscheinungen wahrnehmen, und ohne das unsere Verbindung mit der Außenwelt fast auf die Weite, welche die Hände erreichen, beschränkt, ja selbst die regste Thätigkeit des Geistes gehemmt wäre, schließet einige Sekunden lang eure Augen, und erwäget während Dessen, wie unendlich viel ihr ihm verdankt! Kein blühender Frühling, kein Himmel voll Sterne, keine Pracht der Morgen- und Abendröthe, kein Lächeln unschuldiger Kinder, kein beredter Blick eines geistreichen Auges, — nichts von dem Allen würde euch erfreuen, hätte uns der Schöpfer jenes Organ versagt. So lernet es denn in seiner wundervollen Zusammensetzung näher kennen!

Bestimmt, die Gliedmaßen bei ihren verschiedenen Bewegungen zu leiten, erhielt es am Vordertheile des Kopfes seinen Sitz. Sämmtliche knöchernen Wandungen der runden Höhle, in welcher es liegt, gewähren ihm einen vortrefflichen Schutz; die weiche, fettige, zusammendrückbare Masse ferner, von der es umkleidet ist, gestattet ihm, gewissen bandförmigen Muskeln, die mit dem einen Ende an die äußere Fläche des Augapfels, mit dem andern an die innere der Augenhöhle befestigt sind, pünktlich, ohne sich bei seinen Bewegungen Schaden zuzufügen, Folge zu leisten. Als sehr wichtige äußere Theile stehen die Augenlieder und die Augenbraunen da: jene, die sich blitzschnell öffnen und schließen, sind mit Haaren, welche selbst dem geringsten Stäublein den Eintritt ins Heiligthum des Auges verwehren, besetzt; diese, welche bald mehr, bald weniger dicht erscheinen, halten vorzugsweise den Schweiß ab, der nicht selten bei Mühe und Anstrengung von der Stirn des Menschen fließt. — Ich komme nun zu den eigentlichen Theilen des äußerst kunstvoll eingerichteten Organs. — Welches Auge ihr immerhin betrachten möget; stets werdet ihr das Weiße als eine solche Haut, die das Licht nicht durchläßt, von dem Sterne, welcher in der Mitte schwarz und mit einer grauen, braunen oder bläulichen Einfassung begabt ist, unterscheiden können. Nach dieser verschiedenen Einfassung bestimmen wir im gewöhnlichen Leben die Farbe der Augen. Spaltete ich jetzt ein Menschenauge (es könnte auch das Auge eines Ochsen, Pferdes u. dgl. sein), nachdem ich es vorher hätte gefrieren lassen, in der Richtung seiner Achse, also von vorn nach hinten; so würdet ihr auf seinen Durchschnittsflächen die drei Mittel, welche als die Haupttheile desselben zu betrachten sind, deutlich erkennen. Das vorderste Mittel bildet ein convex-concaves Möndchen, ist mit einer durchsichtigen Flüssigkeit angefüllt und wird die wäss'rige Feuch-

tigkeit genannt. Auf dieses Mittel folgt die Kristall-linse, der vornehmste Theil des Auges. Sie liegt in einem zarten Häutchen, der Linsenkapsel, ist fest, durchsichtig, auf der hintern Seite mehr convex, als auf der vordern, und hat im Allgemeinen fast die Form eines Sammelglases. Den innersten Raum der Höhle füllt das dritte Mittel aus. Denket euch eine durchsichtige Materie von gallertartiger Dichtigkeit, oder auch eine solche, die geschmolzenem Glase ähnlich ist! und ihr habt auch von ihm, das den Namen gläserne Feuchtigkeit führt, eine richtige Vorstellung erhalten. Beide Flüssigkeiten unterscheiden sich in ihrem Brechungsvermögen von dem Wasser nur wenig. Sämmtliche drei Mittel sind ferner von eben so viel Häuten umgeben. Die erste Haut (wir zählen dabei von außen nach innen) ist die harte Augen- oder weiße Hornhaut. Zwar deuten schon ihre Namen auf ihre wichtigsten Eigenschaften hin; allein Das lehren sie nicht, daß sie sich nach vorn hin verdünnt, überhaupt hier, damit das Licht ungestört weiter dringen kann, durchsichtig wird. Die zweite Haut breitet sich unter der vorigen aus, ist dunkelfarbig und führt den Namen Adernhaut. Von der dritten Haut endlich, welche die meisten Zergliederer für nervartig und den eigentlichen Sitz der Lichtempfindung halten, merket euch nur, daß sie weißlichgrau ist, aus dem Marke des Sehnerven zu entspringen scheint und die Netzhaut genannt wird. Die buntfarbige Iris oder Regenbogenhaut tritt unter der durchsichtigen Hornhaut als eine Fortsetzung der Adernhaut hervor, bildet einen Ring, dessen innere runde Oeffnung das Lichtloch oder die Pupille heißt, und besitzt die wunderbare Eigenschaft, sich, ohne daß wir selbst nur das Geringste dabei thun, bei verstärktem Lichte auszubreiten, hingegen bei geschwächtem wieder zusammenzuziehen.

»Wie aber wirkt der so kunstvoll zusammengefügte Apparat im Einzelnen und Allgemeinen?« — Denket euch 1. unter ll' (Fig. 195) einen Gegenstand, der von allen Punkten, gleich viel, ob diese selbstleuchtend, oder nur erleuchtet sind, nach jeder Seite hin eine Menge Strahlen wirft; 2. unter den drei Linien, welche von l, und unter den drei andern, die von l' ausgehen, diejenigen Lichtkegel, welche durch die Pupille ss' in das Innere des Auges dringen, und deren mittlere Strahlen lm und $l'm'$, ohne im geringsten von ihrem Wege abzuweichen (sie gehen bekanntlich durch das Centrum der Kristall-linse cc'), fortlaufen und auf der Netzhaut die Punkte m und $m,'$ zwischen denen sich ll' abmalen soll, bestimmen! Nun wird euch auch das Uebrige klar werden. Die Strahlen ls und $l's'$ müssen offenbar, weil sie die Kristall-linse unter einem schiefen Winkel treffen, eine Brechung erleiden. So kommen sie denn mit den Strahlen lm und $l'm'$, nämlich in m oder m', wieder zusammen. Nach diesen Erörterungen ist es klar, daß auf der Netzhaut von dem Gegenstande ll' ein kleines, verkehrtes Bild, $m'm$, entstehen muß. — Merket hierbei noch Folgendes!

Fig. 195.



1. Daß das auf der Netzhaut hervorgerufene Bild wirklich verkehrt ist, läßt sich vermittels eines Menschen- oder Ochsenauges, das wir kurz nach dem Tode herausgenommen haben, leicht anschaulich machen. Verdünnen wir nämlich von der harten Hülle des genannten Organes den hintern Theil, so daß derselbe durchscheinend wird, und bringen wir dann vor die Hornhaut irgend einen hellen Gegenstand, etwa eine brennende Kerze; so erblikken wir auf dem Hintergrunde des Auges ein zwar kleines, aber sehr scharfes verkehrtes Bild, das mit dem Gegenstande gleiche Farbe besitzt, und auch, je nachdem wir ihn der Kristall-linse bald mehr, bald weniger nahe bringen, an Größe zu- oder abnimmt. — Noch lasse ich euch selbst ein sehr merkwürdiges Experiment anstellen. — Durchstechet vermittels einer Nadel diese Spielkarte; haltet sie dann so vor das eine Auge, daß ihr durch das feine Loch eine Lichtflamme seht; zuletzt führet bei jenem Auge die Spitze eines Federmessers vorüber! und ihr werdet die eigenthümliche Erscheinung haben, daß die Spitze des Federmessers, falls sie der linken Seite zugekehrt ist, in jener Oeffnung nach der rechten Seite hin, oder von unten her, wenn sie doch wirklich von oben her bewegt wird, in die Lichtflamme tritt. Die Ursache hiervon liegt allein in der umgekehrten Lage des Bildes.

2. Es giebt einen Punkt im Auge, wo uns das Bild gar keine Empfindung des Sehens gewährt. Wer ihn kennen lernen will, zeichne zwei schwarze Flekke, die etwa eine Linie im Durchmesser besitzen und anderthalb Zoll von einander entfernt sind, auf ein Blatt weißes Papier, halte sie in horizontaler Stellung vor die Augen, schließe das rechte Auge und richte das linke auf den rechts liegenden Punkt! und er wird, während er das Papier seinem Angesichte bis auf 6 Zoll nähert, bemerken, daß ihm nun der links befindliche Punkt, obgleich er ihn nicht nur bei einer größern, sondern auch erheblich kleinern Entfernung erblickt, verborgen bleibt. Für Solche, die das Auge auf jenen andern Punkt unverwandt heften können, hat der beschriebene Versuch keine Schwierigkeit. Bei genauer Ausmessung der Lage, welche der Gegenstand, folglich auch das Bild, um auf die erörterte Weise unsichtbar zu werden, einnehmen muß, sind wir zu der Ueberzeugung gelangt, daß die Stelle, wo der Sehnerv ins Auge tritt und sich noch nicht fein genug zertheilt hat, mit jenem Punkte zusammenfällt.

3. Die Erfahrung lehrt, daß wir weder allzu nahe, noch allzu weite Gegenstände scharf genug sehen, und daß es für jedes Auge eine gewisse Entfernung giebt, in der es die Dinge am schönsten bemerkt. »Diese Entfernung heißt die Weite des deutlichen Sehens und wird bei einem gesunden Auge auf 8 bis 12 Zoll festgesetzt.« Gesonnen, sie für eure Augen kennen zu lernen, dürft ihr nur zwei kleine, parallele, ungefähr $^2/_5$ Linie von einander entfernte Spalten eines Kartenblattes dicht vor das eine Auge halten, und dann irgend eine Schrift so lange hin- und herrükken, bis ihr sie vollkommen deutlich seht, oder bis ihr Bild genau auf die Netzhaut fällt. Solche Menschen, welche die Gegenstände merklich weiter hinausrükken müssen, um sie genau betrachten zu können, leiden an dem Fehler der Weitsichtigkeit; »welche Bewandtniß hat es nun wol mit der Kurzsichtigkeit?«

4. Um irgend einen Gegenstand recht scharf zu sehen, haben wir nur dafür zu sorgen, daß das Bild desselben auf die Netzhaut fällt. Gesunde Augen bedürfen hierzu keines künstlichen Instrumentes. Den Untersuchungen zufolge, die der englische Arzt Home in Verbindung mit Ramsden, einem gleich sinnreichen Künstler und Beobachter, angestellt hat, dürfen nämlich, damit jener beabsichtigte Zweck erreicht werde, nur die weiter oben erwähnten kleinen Muskeln bald mehr, bald weniger in Thätigkeit kommen. Spannen wir sie z. B. scharf an; so verstärken wir, indem die Krümmung der durchsichtigen Hornhaut sich erhöht, die Brechung der Lichtstrahlen, und bringen der Kristall-linse das Bild näher, als es sonst der Fall gewesen wäre. Ganz anders verhält es sich, wenn wir die bezeichneten Muskeln in Schlaffheit verharren lassen; dann verlängern sich nämlich die Lichtkegel, weil die Hornhaut zu flach ist, bedeutend und vereinigen sich daher erst in größerer Entfernung zum Bilde. »Was hat nun wol ein Mensch mit gesunden Augen zu thun, falls er von den Gegenständen, die außerhalb der Weite seines deutlichen Sehens liegen, scharfe Bilder erhalten will?« offenbar Dies, daß er jene Muskeln (ihre Namen sind Straff- und Schlaffmuskeln), wenn die Dinge unter 8 Zoll von dem Auge entfernt sind, scharf anspannt, — hingegen, wenn sie ihren Ort in ansehnlicherer Weise angewiesen erhalten haben, so schlaff, wie möglich, macht.

5. Seid ihr Willens, euch das Gesicht, den edelsten aller Sinne, lange gut zu erhalten; so vermeidet sorgfältig Alles, was für dasselbe gefahrbringend ist! Hütet euch zuvörderst, euch schnell hinter einander aus einem finstern in einen hellen, oder, umgekehrt, aus einem hellen in einen finstern Ort zu begeben! ferner an dunkeln Abenden, weil dadurch Menschen schon auf der Stelle blind geworden sind, dem Blitze zuzusehen, oder, wenn die Sonne scheint, in Schnee, der euch deren grelle Strahlen in die Augen wirft, oft und lange umherzugehen u. s. w.! Nicht minder schädlich ist es, wenn ihr 1. während der Dämmerung, im sogenannten Zwielichte, lest oder gar schreibt; 2. solche Lichtschirme gebraucht, die einen Theil des Zimmers sehr dunkel machen (nur matte, durchscheinende sind empfehlenswerth) u. s. w. Verabsäumet endlich nie, auf grünen Wiesen, in anmuthigen Buchen- und Birkenhainen fleißig spazieren zu gehen! denn es wirkt vielleicht auf die Augen nichts so wohlthätig ein, als neu hervorgesproßte Blätter und Grashalme. Was ihr zu thun habt, wenn eure Augen bereits verdorben sind, werde ich euch bei Betrachtung der Brillen mittheilen.

6. Die Frage: »woher kommt es, daß wir die Gegenstände **aufrecht** sehen, da sie sich doch **verkehrt** abbilden?« ist keinesweges schwer zu beantworten. Erwäget nur vor Allem, daß die Bilder unter sich dieselbe Lage haben, wie die Gegenstände, und daß daher, wenn diese auf der Netzhaut verkehrt erscheinen, ja auch die Erd-Oberfläche sich verkehrt abmalen muß! Hütet euch ferner, die räthselhafte Erscheinung so zu erklären, als ob die Seele gleichsam auf der Netzhaut stände und von dort aus das Bild betrachtete! »Seht ihr denn nicht immer die Menschen mit den Füßen, die Bäume mit dem untersten Theile ihres Stammes, die Häuser mit ihren Fundamenten u. s. w. an dem Erdboden?« »Wie könnte nun wol unserer Seele irgend etwas verkehrt vorkommen?« — Nur dann wäre es uns erlaubt, von einem solchen Verkehrtsein zu sprechen, wenn wir z. B. den einen Menschen

mit Rücksicht auf einen andern in einer Lage erblickten, bei der sein Kopf da wäre, wo dieser seine Füße hätte, u. dgl.

7. »Warum sehen wir die Gegenstände **einfach**, da wir doch zwei Augen besitzen?« Ihr begreift gewiß, daß wir die Gegenstände nur dann einfach erblikken, wenn die Achsen unserer Augen, d. h. diejenigen Linien, welche die Mitte der Netzhaut mit dem Centrum der Kristalllinse und der Pupille verbinden, auf sie gerichtet sind, oder falls sie eine solche Stellung eingenommen haben, daß sie ihre Lichtstrahlen nach zwei übereinstimmenden Punkten auf der Netzhaut beider Augen brechen. Wir können übrigens einen Gegenstand ganz nach Willkür einfach oder doppelt sehen. Haltet nur zwei Finger gerade und noch so hinter einander, daß der eine ungefähr einen, der andere 2 Fuß entfernt ist, vor euer Gesicht und richtet dann die Augenachsen bald auf den vordern, bald auf den hintern Finger! und ihr werdet im erstern Falle den hintern, im zweiten aber den vordern Finger doppelt erblikken. Diese Erscheinung möge euch an den Fig. 196 und 197 klar werden.

L und *R* seien die beiden Augen, *A* und *B* aber 2 vor ihnen in verschiedenen Entfernungen befindliche Gegenstände. Wer nun, wie in Fig. 196, *A* fixirt, d. h. nach ihm seine Augenachsen richtet, erhält die Bilder *a* und *a'* genau auf der Mitte

Fig. 196.

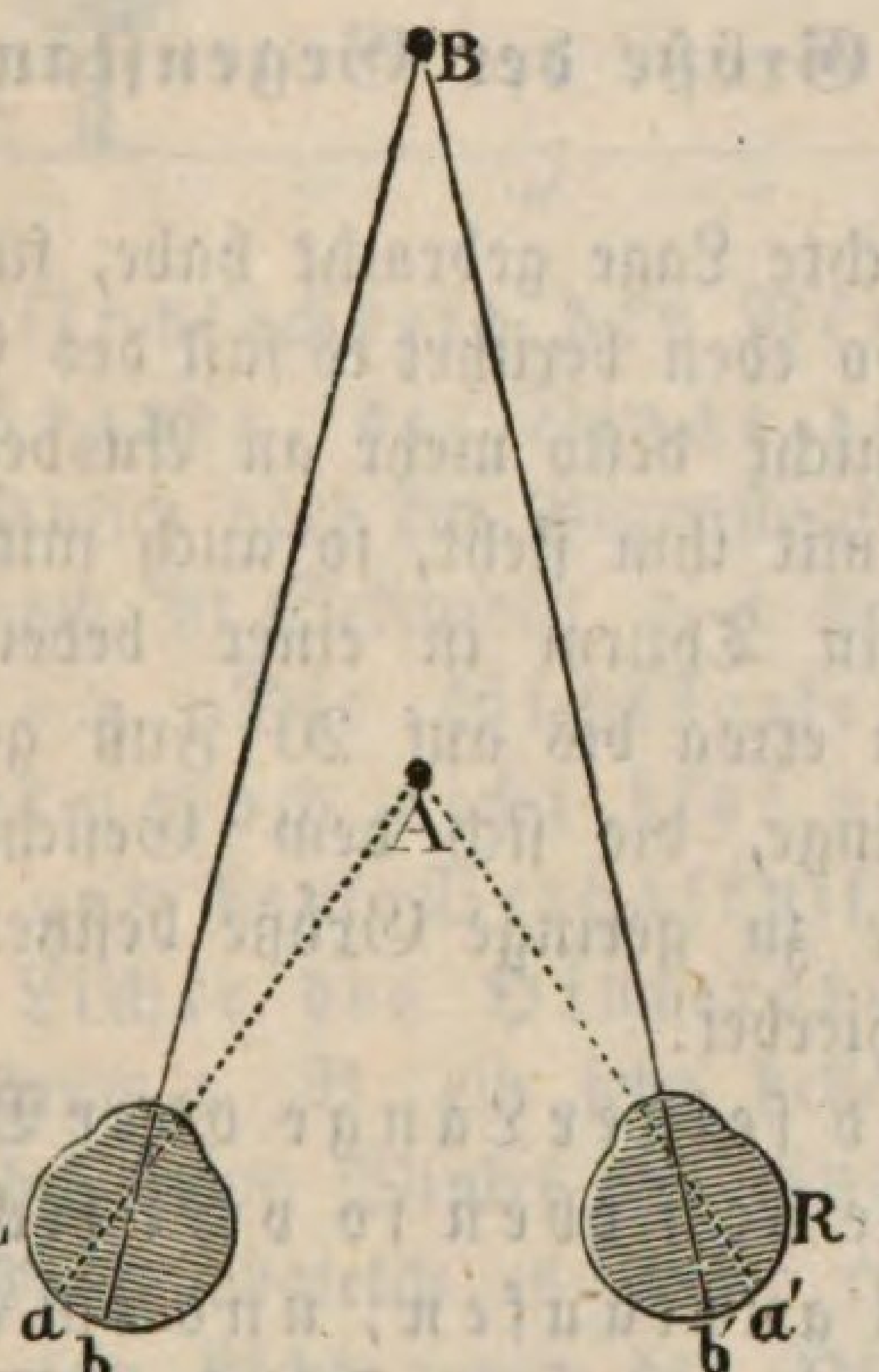
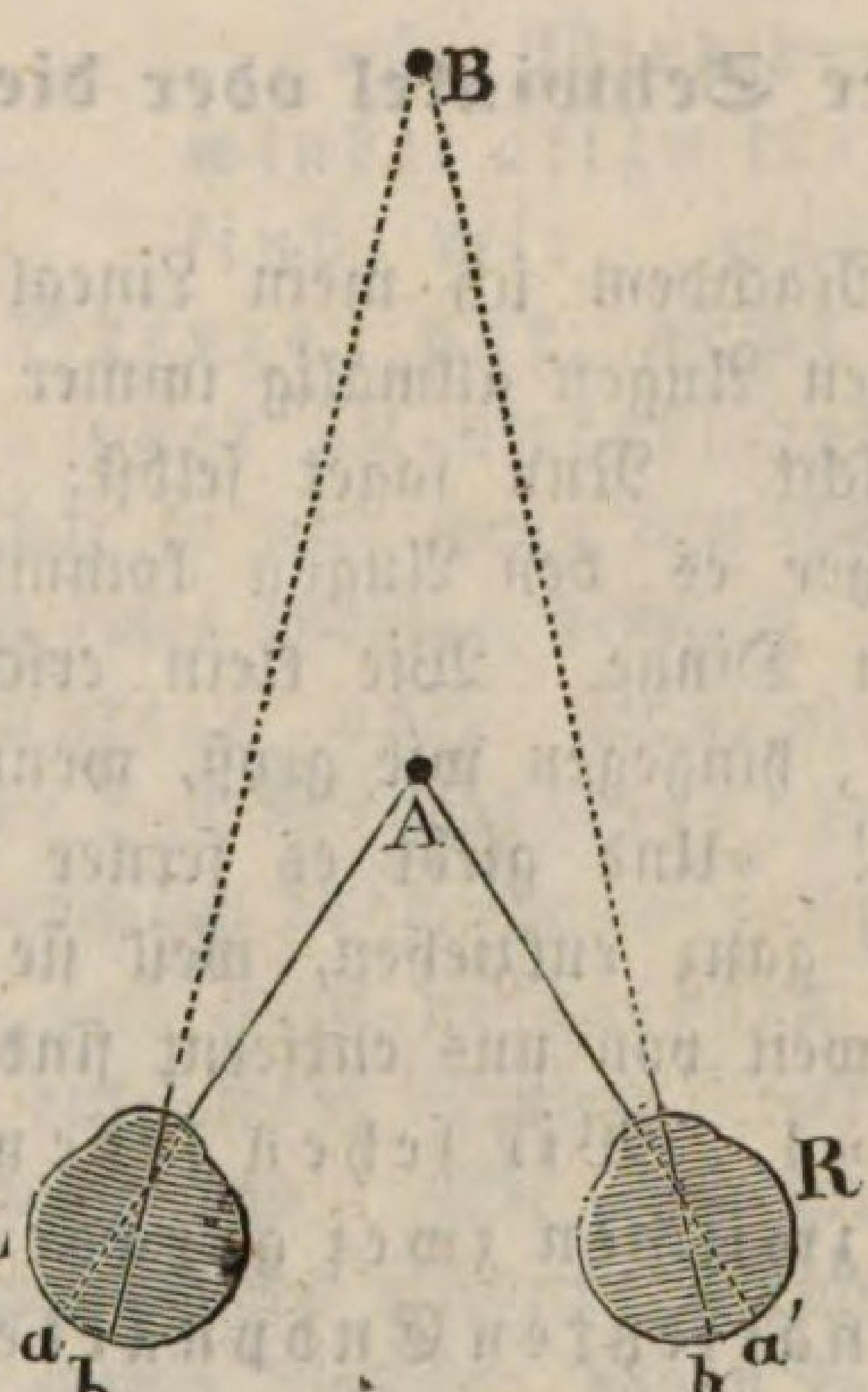


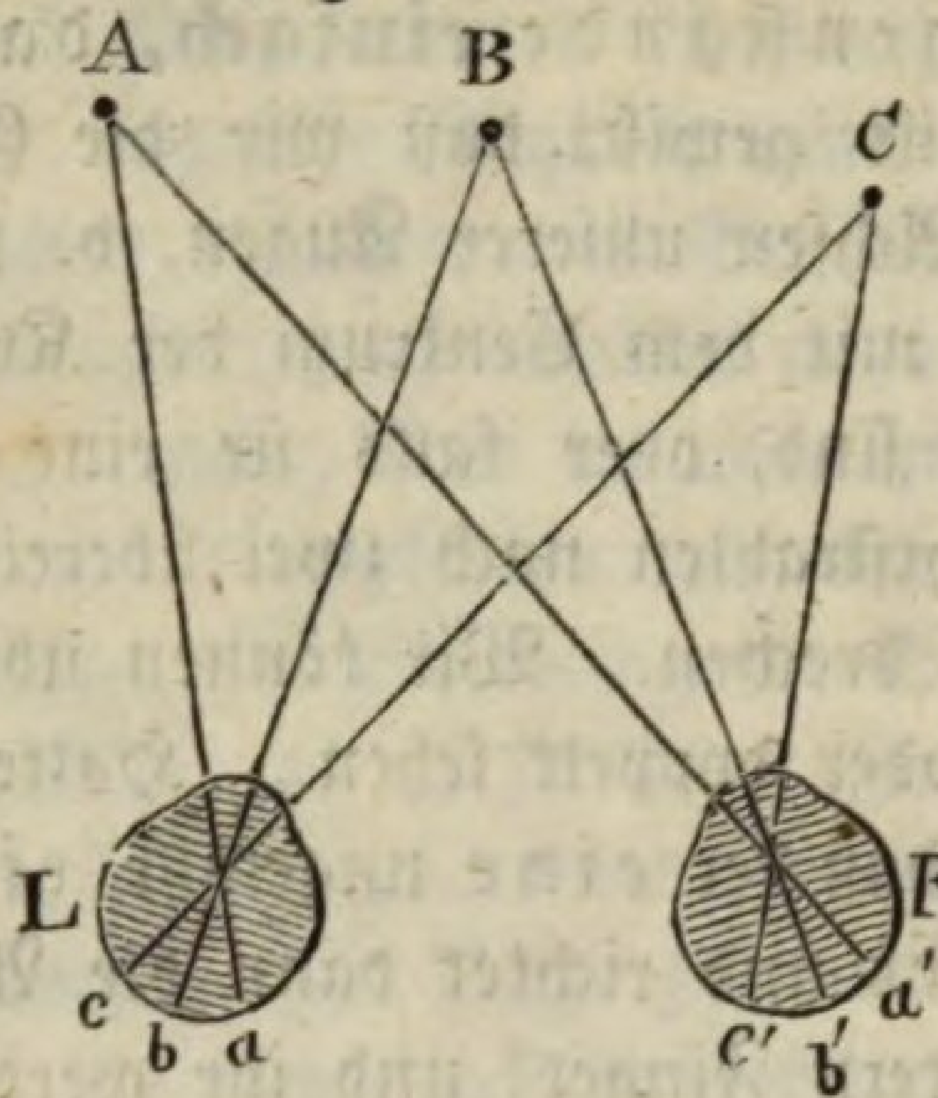
Fig. 197.



der Netzhaut. Anders verhält es sich zu derselben Zeit mit den beiden Bildern von *B*. »Oder liegt etwa nicht in dem bezeichneten Falle, d. h. bei Festhaltung des Gegenstandes *A*, das Bild von *B* im linken Auge rechts und im rechten links von der Netzhaut?« Allein in diesem Umstande, daß nämlich *b* und *b'* verschiedene, einander nicht entsprechende Stellen auf der Netzhaut einnehmen, können wir den Grund suchen, warum wir den Gegenstand *B*, wenn die Achsen beider Augen nach *A* gerichtet sind, dopelt sehen. — Machet Dasselbe nun auch bei meiner zweiten Zeichnung (Figur 197) klar! — Woher es endlich kommt, daß wir gewöhnlich eine ganze Reihe von Gegenständen zu gleicher Zeit einfach erblikken, zeigt euch die

198ste Figur, in der *L* und *R*, wie vorhin, die beiden Augen, *A*, *B* und *C* aber drei vor ihnen verschiedene Gegenstände darstellen. Betrachtet nur bei ihr, daß in beiden Augen die Bilder von *A*, *B* und *C* in derselben Ordnung, wie die Gegenstände, auf einander folgen! Nur, weil von *b* und *b'*, welche die Mitte der Netzhaut treffen, die Bilder *c* und *c'* links, die Bilder *a* und *a'* aber rechts liegen, erblikken beide Augen den Gegenstand *C* rechts, den Gegenstand *A* links von *B*. Ob es indeß auch wirklich so sei, steht noch sehr dahin; überhaupt verkettet sich hier Alles so wunderbar, daß wol Niemand behaupten kann, das allein Richtige entdeckt zu haben. —

Fig. 198.



§. 15.

Der Sehwinkel oder die scheinbare Größe der Gegenstände.

Nachdem ich mein Lineal in die senkrechte Lage gebracht habe, führe ich es euren Augen allmälig immer näher zu. So eben berührt es fast des Einen Angesicht. Nun saget selbst: »gewinnt es nicht desto mehr an Ausdehnung, je näher es den Augen kommt?« Wie es mit ihm steht, so auch mit jedem andern Dinge. Wie klein erscheint z. B. ein Thurm in einer bedeutenden Weite; hingegen wie groß, wenn wir uns ihm etwa bis auf 20 Fuß genähert haben! »Und giebt es ferner nicht auch Dinge, die sich dem Gesichtskreise zuletzt ganz entziehen, weil sie entweder eine zu geringe Größe besitzen, oder allzu weit von uns entfernt sind?« Merket hierbei!

»1. Wir sehen jeden Gegenstand seiner Länge oder Breite nach zwischen zwei geraden Linien, die von eben so viel sich entgegengesetzten Endpunkten desselben auslaufen, und im Auge, wo sie einander treffen, einen Winkel bilden. Dieser Winkel heißt der **Sehwinkel** oder der **sichtbare Durchmesser** des Gegenstandes.« Wenn *AB* (Figur 199) einen Baum und *c* das ihn beobachtende Auge darstellt; so haben wir bei Angabe des Sehwinkels nichts weiter nöthig, als uns von *A* und *B* nach *c* hin gerade Linien gezogen zu denken (benennt den hier obwaltenden Sehwinkel!).

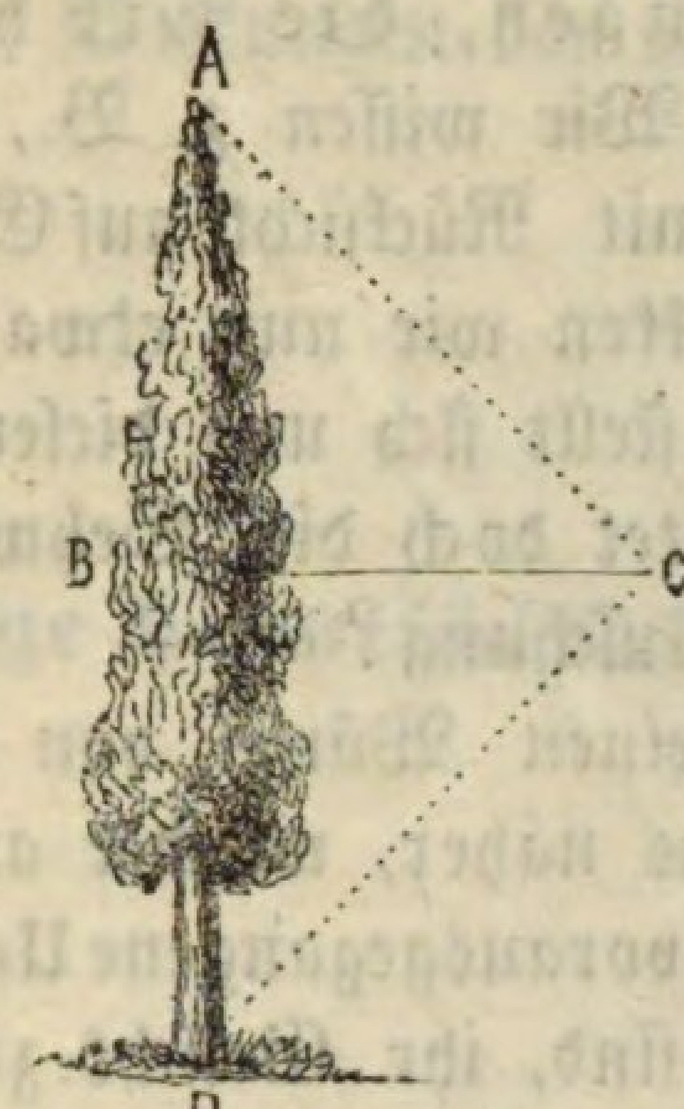
Fig. 199.



»2. Die Größe des Sehwinkels richtet sich bei einerlei, oder bei gleicher Entfernung des Auges ganz nach der Größe des Gegenstandes.« Er-

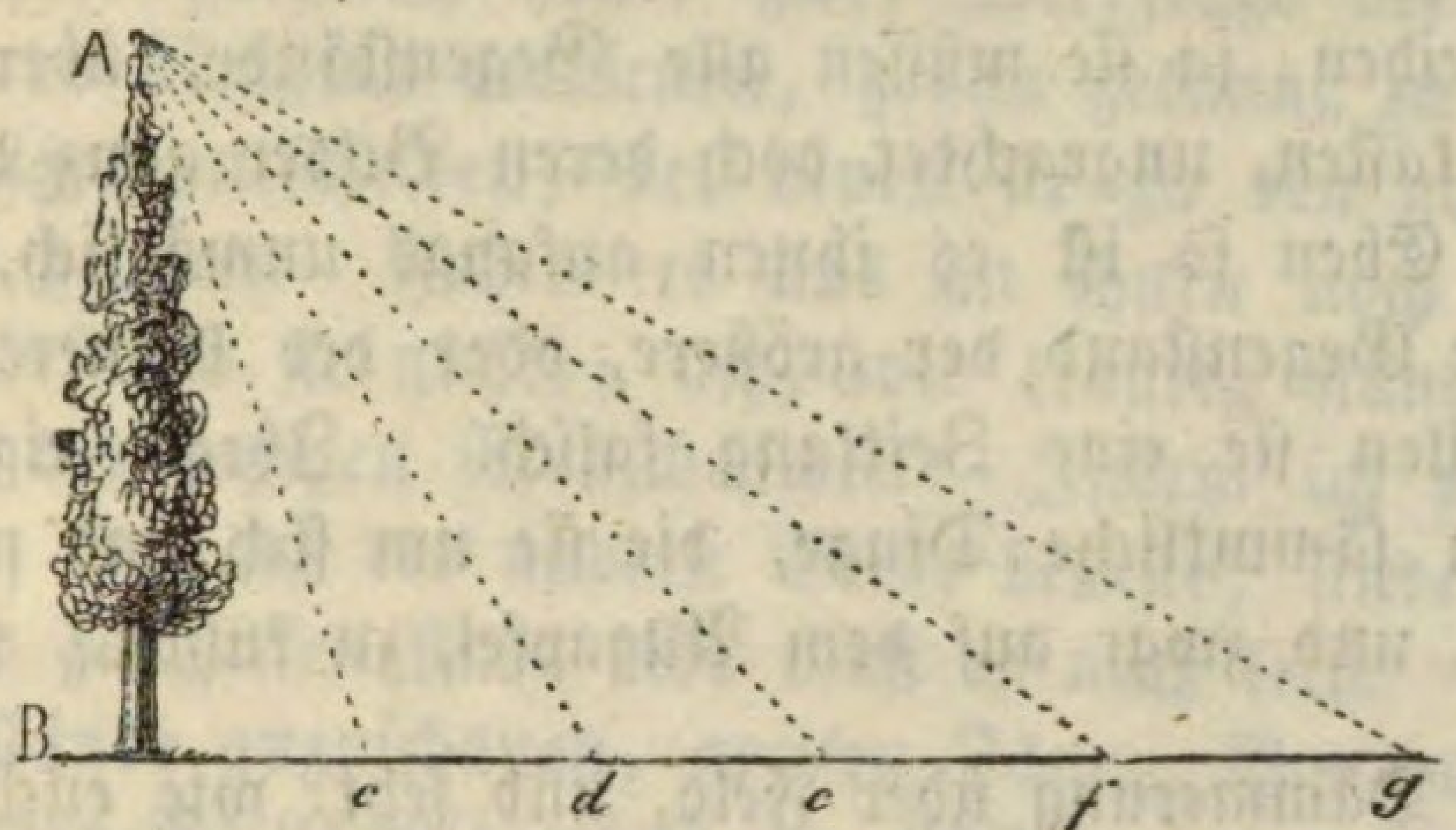
hält z. B. *AB* (Fig. 195) die Höhe von *AD*, so ist der Sehwinkel nicht mehr *AcB*, sondern *AcD*. Daß aber *AcB* und *AcD*, wenn *AB* und *BD* gleiche Stükke sind, sich zu einander verhalten, wie 1 zu 2, bedarf, weil schon der Augenschein es lehrt, keines Beweises.

Fig. 200.



»3. Je mehr sich das Auge von einem Gegenstande entfernt, desto kleiner wird der Sehwinkel; je näher es demselben kommt, desto größer.« — Denket euch unter *AB* (Fig. 201) die unveränderliche Größe irgend eines Körpers, unter jedem der Punkte *c*, *d*, *e*, *f* und *g* aber das ihn beobachtende Auge! Ist etwa nun nicht *AcB* größer, als *AdB*? *AdB* größer, als *AeB*? *AeB* größer, als *AfB*? endlich *AfB* größer, als *AgB*?« Bei Beantwortung dieser Fragen erinnere man sich des geometrischen Lehrsatzes über den Außenwinkel eines Dreiekkes!

Fig. 201.



»4. Wird der Sehwinkel allzu klein; so sind wir, weil die Empfindlichkeit der Netzhaut ihre Grenzen hat, nicht mehr im Stande, die Dinge zu erkennen, oder zu unterscheiden.« Gewöhnlich hört ein Gegenstand auf, uns sichtbar zu sein, wenn sein Sehwinkel nur noch 30 Sekunden, d. i. den 120sten Theil eines Grades, beträgt.

»5. Die Sichtbarkeit eines Punktes oder Gegenstandes hängt jedoch nicht blos von der Größe des Sehwinkels, sondern auch von dem Verhältnisse ab, in welchem sein eigenes Licht zu dem Lichte des Hintergrundes steht, auf dem er gesehen wird. So kann z. B. ein sehr heller Gegenstand auf einem dunklen Hintergrunde noch bei einem Winkel von einer Sekunde sichtbar sein. Wie aber umgekehrt ein Ding, obgleich es unter einem viel größern Winkel erscheint, verschwindet, wenn sein Licht gegen den Hintergrund nur wenig absticht; davon könnt ihr euch am besten durch zwei von euch gleich weit entfernte Tafeln überzeugen, von denen die eine auf einem weißen, die andere aber auf einem dunklen Grunde einen schwarzen Kreis erhalten hat.

Daß die beiden Reihen Bäume einer großen Allee immer enger zusammenzulaufen scheinen, wenn wir anders von dem einen Ende aus zwischen sie hindurchblikken; daß Thürme mit feinen Zierrathen, beispielsweise mit feinen Spitzen, kleinen Nebenthürmen u. dgl., dem Auge in bedeutender Ferne glatt und rund vorkommen; daß sich ein Korn- oder Rübenfeld, ebenfalls von einem ziemlich weiten Standpunkte aus betrachtet, wie eine vereinte grüne oder gelbe Dekke darstellt: diese und viel andere Erscheinungen werden sich Diejenigen gewiß erklären können, welche mit dem Sehwinkel der Gegenstände bekannt sind.

»6. Bei allen Gegenständen, die wir vermittels des Gesichtssinnes wahrnehmen, beurtheilen wir die Lage, Größe, Gestalt und Entfernung blos nach den Erfahrungen, die wir hierüber von Jugend auf eingesammelt haben.« Wir wissen z. B., daß ein Mann größer ist, als ein Knabe; daß ferner Beide mit Rücksicht auf Gang, Haltung u. s. w. bedeutend von einander abweichen: blikken wir nun etwa von einem hohen Gebäude auf die Straße hinab; gleich stellt sich uns dieser als ein Kind, jener als ein erwachsener Mensch dar, ungeachtet doch die Sehwinkel eine fast gleiche Größe besitzen. »Ist Dies nicht Täuschung?« — Noch mehr! Wir unterscheiden blos vermittels der Augen einen Würfel von einer Kugel; wir wissen, welcher Körper in einer Stube uns näher, welcher andere uns entfernter steht. Auch hierbei leisten uns zahlreiche vorausgegangene Uebungen die besten Dienste. Blindgeborne, die so glücklich sind, ihr Gesicht zu erlangen, können wirklich bei dem ersten Anblikke den Menschen von einem Thiere, den Hund von einer Katze, das Haus von einem Baume, die Kugel von einem Würfel u. dgl. m. nicht unterscheiden; ja sie müssen alle Gegenstände, über die sie ins Klare kommen wollen, betasten, ungeachtet doch deren Bilder ganz deutlich auf ihrer Netzhaut liegen. Eben so ist es ihnen anfangs unmöglich, mit Sicherheit zu bestimmen, welcher Gegenstand der größere, oder der kleinere sei. Auch die Entfernungen beurtheilen sie eine Zeitlang falsch. Ihren eigenen Worten zufolge erscheinen ihnen sämmtliche Dinge, die sie um sich und neben sich erblikken, auf einerlei Ebene, und zwar auf dem Augapfel, zu ruhen.

Ihr geht vielleicht in der Dämmerung über Feld, und seht, wie euch ein Mensch entgegeneilt; allein derselbe kommt euch, so stark er auch einherschreiten möge, doch nicht näher. Endlich werdet ihr euren Irrthum gewahr. Was ihr nämlich für einen Menschen gehalten habt, ist ein Thurm in ziemlich bedeutender Weite, der aber mit einem Menschen in eurer Nähe einen eben so großen Sehwinkel bildet. Ihr wiederholt zu derselben Zeit an dem folgenden Tage euren Spaziergang. Sonderbar genug, erblickt ihr heute anstatt eines Menschen einen Thurm, und zwar, wie ihr wähnt, etwa eine halbe Stunde von euch entfernt. Ihr eilt auf ihn zu. Kaum habt ihr indeß noch einige Schritte gethan, so streicht er auch schon bei euch vorüber und bietet euch einen guten Abend. Es ist also der vermeintlich entfernte Thurm zu einem ganz in eurer Nähe befindlichen Menschen geworden. Die Meinung endlich, daß der Mond bei seinem Aufgange größer sei, als später, ist nicht nur allgemein verbreitet, sondern beruht zugleich auf einer so mächtigen Täuschung, daß wir über dieselbe auch bei der Ueberzeugung: »es ist nur eine Täuschung!« nicht Herr werden können.

Wie es den Künstlern möglich wird, sehr hübsche Täuschungen hervorzuzaubern, sehen wir unter andern an den innern Verzierungen der Schauspielhäuser, wo nicht selten auf einem kleinen Raume eine lange Allee, eine ansehnliche Straße, ein bedeutender Säulengang u. dgl. dargestellt sind. Indem sie nämlich die Bäume, die Säulen allmälig kleiner zeichnen, bewirken sie, daß das Auge ganz denselben Eindruck empfängt, als ob jene Gegenstände die immer größer werdende Entfernung von uns näher und näher zusammengerückt hätte. — Schließlich bemerke ich nur noch, daß vielleicht kein Kapitel über die

Physik des Stoffes mehr dabietet, als das über die scheinbare Größe der Gegenstände, und daß es überhaupt solcher Erscheinungen in Menge giebt, welche Wirkungen der oben angegebenen Ursachen sind.

§. 16.

Einige hauptsächlich auf den Eigenschaften gekrümmter Gläser beruhende Instrumente.

a. Die Brillen.

An Gelegenheit, Brillen zu sehen, fehlt es uns zwar nicht; dessenungeachtet habe ich heute zwei Werkzeuge der genannten Art mitgebracht. Ob sie es übrigens verdienen, genau gekannt zu werden, lassen wir am besten Diejenigen entscheiden, bei denen sie zu den nothwendigsten Bedürfnissen des Lebens gehören. Fehlte es uns an ihnen noch immer (Römer und Griechen z. B. besaßen sie nicht); ach, wie traurig stände es dann mit einem großen Theile der jetzigen Menschenwelt! Indem ich nun zuvörderst die Gläser der einen, hierauf der andern Brille betaste, finde ich, daß jene erhaben, diese vertieft geschliffen sind. So muß es auch sein. Gewohnt, meist nur entfernte Gegenstände anzuschauen, greifen Jäger, Amtleute, Forstmänner u. dgl. gern nach einer Brille mit erhabenen Gläsern, und freuen sich, in ihr ein Werkzeug zu besitzen, vermittels dessen sie auch nahe Dinge deutlich sehen können; hingegen Gelehrte, Uhrmacher, Kupferstecher, überhaupt solche Männer, die gewöhnlich nur nahe Dinge zu betrachten pflegen, kennen, wenn es ihren Augen an der nöthigen Schärfe gebricht, keinen größern Wohlthäter, als eine Brille mit vertieft geschliffenen Gläsern. Billiger Weise fragt ihr mich wieder: »wie geht dies Alles zu?« Höret!

Bei dem Kurzsichtigen, der seine Augen in der Regel auf sehr nahe Dinge richtete, ist die Kristall-linse zu sehr convex, und verursacht daher, daß das Bild, weil die Strahlen sich zu stark brechen, vor die Netzhaut fällt; hingegen bei dem Weitsichtigen, der gewöhnlich dem höhern Alter angehört und früher meist nur entfernte Gegenstände betrachtet hat, zeigt sie sich, ganz besonders auch der geschwundenen Säfte halben, zu wenig convex und sendet gleichsam die Stelle des deutlichen Bildes, weil die Strahlen nicht genügend stark gebrochen werden, hinter die Netzhaut. Beide erhalten daher auf der Netzhaut selbst nur ein verwaschenes Bild. Wenn ihr nun erwägt, daß eine erhaben geschliffene Glaslinse das Bild nicht nur vergrößert, sondern es auch in eine bedeutendere Ferne hinausrückt und daß eine vertieft geschliffene, gerade umgekehrt, es zwar verkleinert, dem Auge aber auch näher bringt; so kann es euch unmöglich noch befremden, wie einem Weitsichtigen eine Brille mit convexen, einem Kurzsichtigen eine mit concaven Gläsern so ersprießliche Dienste leistet. Ob übrigens eine Brille dem Auge zusage, oder nicht, entscheidet hauptsächlich die Ferne, in der es die Gegenstände am hellsten sieht, mithin sie auch gehalten haben will. Die Künstler verfertigen die Brillen nach

Nummern, welche sich auf die Brennweite der Gläser beziehen: Nro. 1 ist schärfer, als Nro. 2; Nro. 2 schärfer, als Nr. 3 u. s. w.

Für Diejenigen, welche zu ihrem deutlichen Sehen der Brillen bedürfen, weiß ich keinen bessern Rath, als bei deren Auswahl recht vorsichtig zu Werke zu gehen. Möchten sie zuvörderst allzu scharfe Brillen vermeiden! »Haben sie nicht schon genug gewonnen, wenn sie durch solche Instrumente auch nur etwas deutlicher sehen, als mit bloßen Augen?« Möchten sie doch ferner stets nur schön polirte, genau geschliffene und in der Masse völlig reine Gläser benutzen! Sogenannte perispopische oder aus Menisken bestehende Brillen spiegeln zu stark; noch weniger taugen solche Brillen, zu denen man grünes Glas genommen hat. Conservations-Brillen giebt es eigentlich nicht (es ist ein von Charlatans erfundener Name, der ihnen dazu dienen soll, ihre Waare um so besser anzubringen); die Conservir-Brillen ferner, welche leider noch immer für gesunde Augen angefertigt werden, sind wahre Undinge, und liefern uns nur einen Beweis mehr, wie weit sich der Mensch in seiner Aberweisheit verirren kann; die Staarbrillen endlich, welche für Leute angefertigt werden, die früher am grauen Staare gelitten haben, besitzen sehr convex geschliffene Gläser.

b. Die Mikroskope oder Vergrößerungsgläser.

Je kleiner die Samenkörner, die Schüppchen der Schmetterlingsflügel u. dgl. sind, welche ich heute mitgebracht habe; desto besser verweisen sie euch auf den Nutzen eines Instrumentes, das bei Uhrmachern, Kupferstechern, Naturforschern, Miniatur-Malern u. s. w. zu den nothwendigsten Bedürfnissen ihrer Kunst und Wissenschaft gehört. Welches Instrument ich meine, wird euch das Nachfolgende lehren.

Ich erfasse ein solches Körnlein mit den Schenkelspitzen eines feinen Zirkels, und halte es von dem einen eurer Augen 8 bis 10 Zoll, also in der gewöhnlichen Weite des deutlichen Sehens, entfernt. Unter dieser Bedingung nehmt ihr von ihm nur äußerst wenig, ja fast gar nichts wahr. Wohl wissend, wie hiervon allein die Geringfügigkeit des Sehwinkels die Ursache ist, führe ich nun dem Auge das Körnlein näher, und fordere zugleich euch auf, mir zu sagen, auf welche Weise es euch jetzt erscheint. An sichtbarer Größe (so meint ihr) habe es gewonnen; allein mit der Schärfe des Bildes stehe es noch immer übel genug. Letztere nimmt in dem Grade ab, in welchem das Körnlein dem Auge näher kommt (obwol ein Kurzsichtiger in dieses Urtheil einstimmen wird?). So greife ich denn endlich nach einer erhaben geschliffenen Glaslinse und schiebe sie zwischen euer Auge und den winzigen Gegenstand. »Wie schön, wie herrlich! ja ein solches Glas läßt uns die Dinge mit der nöthigen Schärfe und dabei doch auch so groß sehen, wie sie sich dem Auge in der Weite von 2 Zoll, 1 Zoll, ja selbst von einer Linie darstellen. Höret nun weiter!

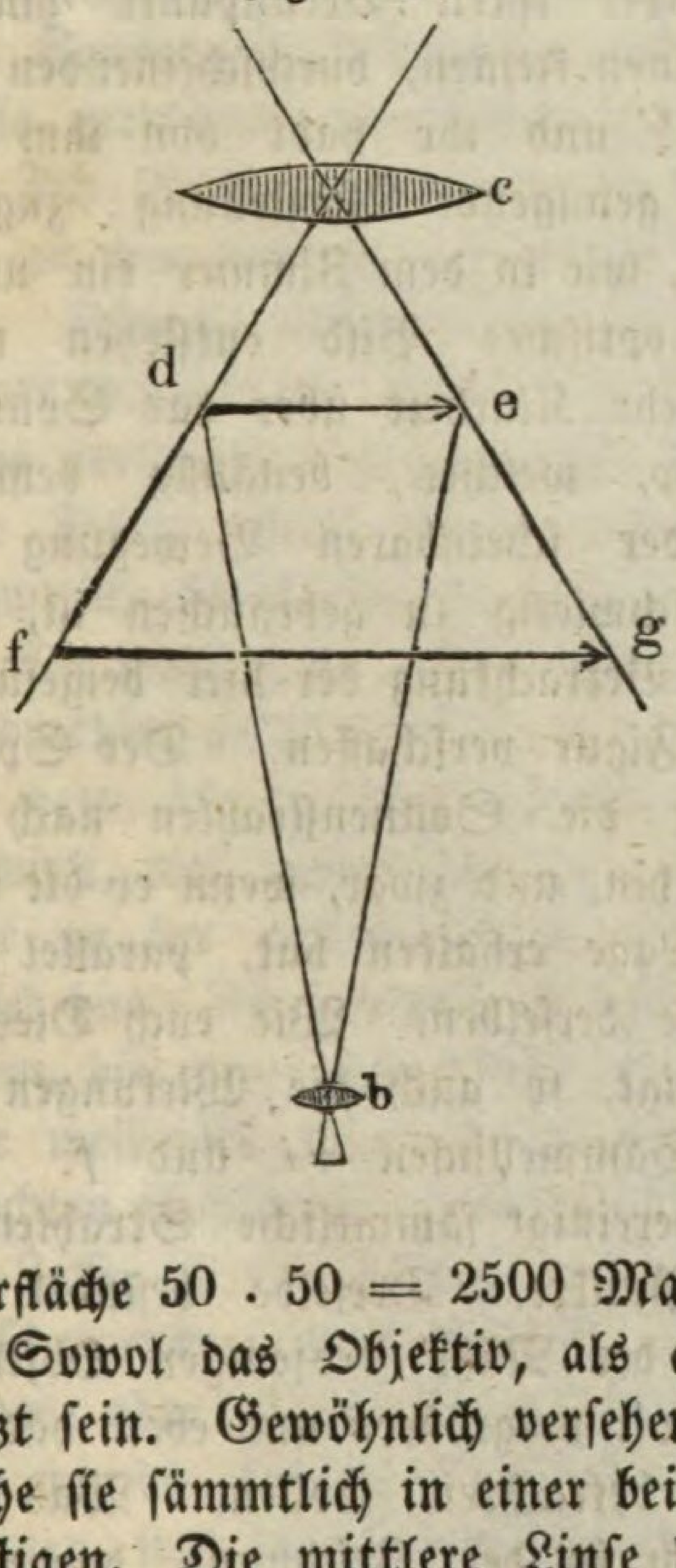
»1. Solche einzelne Sammelgläser, die eine Brennweite von 3, 2 bis $\frac{1}{2}$ Zoll haben, pflegen wir **Loupen**, andere, deren Brennweite geringer ist, **einfache Mikroskope** zu nennen.« Loupen und eigentliche Mikroskope (auch die Loupen gehören den Mikroskopen an) beruhen auf der bekannten Eigenschaft convexer Linsen, von allen Gegenständen,

welche die Brennweite nicht überschritten haben, vergrößerte, aufrecht stehende Bilder hervorzurufen.

»2. **Um die Vergrößerung einer erhabenen Linse berechnen zu können, muß ich wissen, in welcher Entfernung mein Auge die Gegenstände deutlich bemerkt, und wie es sich ferner mit der Brennweite meiner Linse verhält.**« — Ist z. B. mein Auge so beschaffen, daß es kleine Gegenstände in der Entfernung von 10 Zoll am schärfsten sieht; so vergrößert ihm eine Sammellinse, deren Brennweite 1 Zoll beträgt, den Durchmesser 10, die Fläche 10 . 10 = 100, den Körper 10 . 10 . 10 = 1000 Mal. Wir finden überhaupt immer die Vergrößerung des Durchmessers, wenn wir 10 Zoll, d. h. die Weite des deutlichen Sehens, mit derjenigen Zahl dividiren, welche uns die Brennweite der Glaslinse in Zollen ausdrückt. Der Kurzsichtige sieht durch die Loupe u. s. w. die Dinge wol eben so, wie ein Anderer; allein es muß bei ihm die Vergrößerung, weil er sie auch ohne Glas näher vor sein Auge bringen kann, geringer erscheinen.

»3. **Ungleich wirksamer, als das einfache, ist das zusammengesetzte Mikroskop.**« — Wie es auf die kürzeste Weise verfertigt wird, zeigt euch die nebenstehende 202te Figur. Die Gegenstände befinden sich in der Nähe einer Sammellinse von kurzer Brennweite (diese beträgt wol nie über einen halben Zoll), *b*, und zwar stets etwas über den Brennpunkt hinausgerückt. Jene Linse heißt die Objektiv-Linse oder das Objektiv des Mikroskops. Das Bild nun, welches sie hervorruft (in meiner Zeichnung ist es der Pfeil *de*), betrachten wir ferner durch eine andere Sammellinse, *c*, welche das Okular-Glas oder das Okular des Mikroskops genannt wird. Die wahre Vergrößerung des Gegenstandes zeigt euch der zweite Pfeil *fg*. Nach diesen Erörterungen brauche ich euch wol kaum zu sagen, daß die Vergrößerung eines solchen Mikroskops das Produkt derjenigen Vergrößerungen ist, welche jedes dieser beiden Gläser bewirkt. Gesetzt, das Objektiv vergrößere den Durchmesser 5, das Okular aber 10 Mal; »müßten wir dann nicht den Durchmesser irgend eines Gegenstandes 50 und die Oberfläche 50 . 50 = 2500 Mal vergrößert erblikken?« —

Fig. 202.



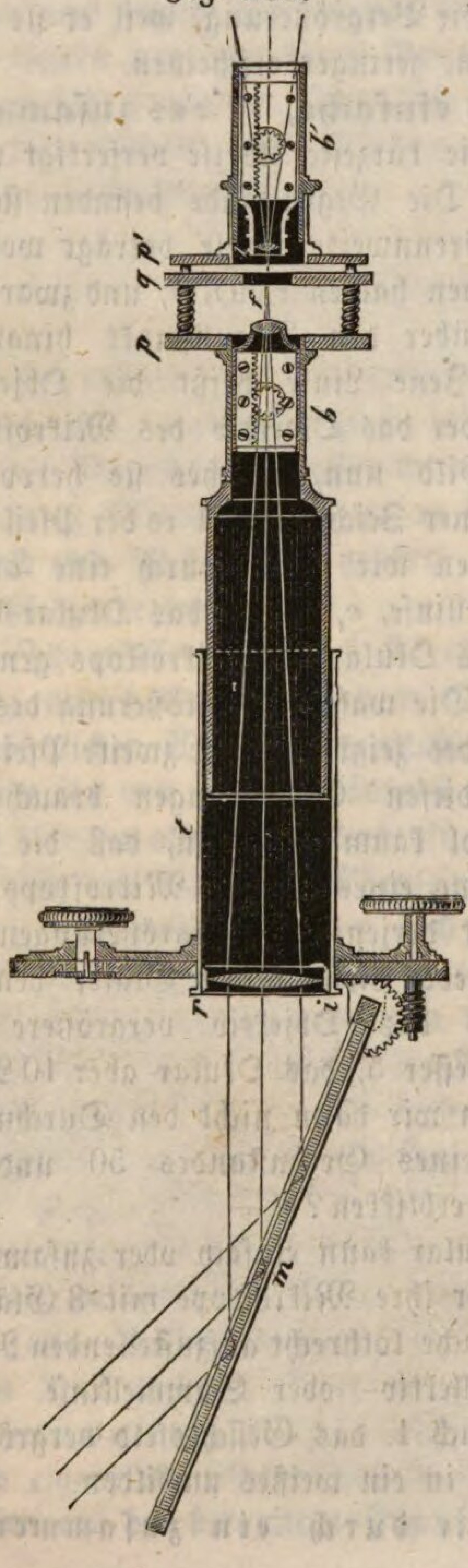
Sowol das Objektiv, als auch das Okular kann einfach oder zusammengesetzt sein. Gewöhnlich versehen die Künstler ihre Mikroskope mit 3 Gläsern, welche sie sämmtlich in einer bei dem Gebrauche lothrecht aufzustellenden Röhre befestigen. Die mittlere Linse heißt die Collektiv- oder Sammellinse. Ihr Zweck ist meist ein doppelter; sie soll nämlich 1. das Gesichtsfeld vergrößern und 2. das farbige Bild des Objektiv-Glases in ein weißes umbilden.

»4. **Die Gegenstände, welche wir durch ein zusammenge-**

setztes Mikroskop betrachten wollen, legen wir gewöhnlich zwischen zwei durchsichtige Plättchen, oder auch auf ein Glas, das dünn, abgeschliffen und mit einer scheibenartigen Einfassung versehen ist.« — Kleine, noch lebende Kerfe und ähnliche Dinge spannen wir wol auch zwischen zwei äußerst feine Zangen. Gesonnen, gewisse Thierlein in irgend einer tropfbaren Flüssigkeit, z. B. Infusorien, die dem unbewaffneten Auge fast immer verborgen sind, zu beobachten, bringen wir das Wasser und dgl. entweder in ein dünnes Röhrchen, oder in ein kleines, vertieft geschliffenes Plättchen von Glas.

»5. Ein sehr wichtiges zusammengesetztes Vergrößerungsglas ist das i. J. 1738 von Lieberkühn erfundene Sonnen-Mikroskop.« — Denket euch 1. in dem einen Fensterladen eines verfinsterten Zimmers eine mehrere Zoll lange, aber nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll dikke Röhre eingesetzt; 2. vor derselben einen beweglichen Spiegel, durch den das Sonnenlicht in sie horizontal geleitet werden kann; 3. eine Convex-Linse von größerer Brennweite und 4. in ihrem innern Ende eine mikroskopische Linse, so wie vor ihr, jedoch etwas über ihren Brennpunkt hinaus, irgend einen kleinen, durchscheinenden Gegenstand! und ihr habt von ihm eine ziemlich genügende Vorstellung; zugleich wißt ihr, wie in dem Zimmer ein umgekehrtes optisches Bild entstehen muß. Noch mehr Klarheit über das Sonnen-Mikroskop, welches, beiläufig bemerkt, wegen der scheinbaren Bewegung der Sonne schwierig zu gebrauchen ist, wird euch die Betrachtung der hier beigefügten 203ten Figur verschaffen. Der Spiegel *m* wirft die Sonnenstrahlen nach der Röhre *l* hin, und zwar, wenn er die dazu richtige Lage erhalten hat, parallel mit der Achse derselben. Wie euch Dies die Figur zeigt, so auch die Wirkungen der beiden Sammellinsen *ri* und *f*. Die Linse *f* vereinigt sämmtliche Strahlen in einerlei Punkte. Derselbe befindet sich ganz in der Nähe desjenigen Objektes, welches wir vergrößern und eben dadurch genauer betrachten wollen. Was ihr sonst noch in der Zeichnung dargestellt findet, z. B, ein Getriebe, dessen Knopf außerhalb der Röhre zu liegen kommt; die messingnen Platten *p*, *p'* und *q* u s. w.,

Fig. 203.



dient entweder dazu, die Linse *f* beweglich zu machen, oder die kleinen Körper, z. B. Blutkügelchen, Staubkölbchen u. dgl., an die rechte Stelle zu versetzen. —

»6. Anstatt des Sonnen- bedienen wir uns jetzt bei Mikroskopen, Leuchtthürmen und zu Signalen des Drummond'schen Kalklichtes.« Letzteres erhalten wir, wenn wir glühenden Kalk in einen Strom von Sauerstoff- und Wasserstoff-Gase bringen.

c. Das Lampen-Mikroskop oder die Zauberlaterne.

Das Lampen-Mikroskop wird noch immer von Kindern und Erwachsenen zu allerlei artigen Ergötzlichkeiten benutzt. Außer dem blechernen Kasten, der bis auf die nöthigen Zuglöcher überall geschlossen und einer eigentlichen Laterne sehr ähnlich ist, gewahrt ihr äußerlich nur noch eine etwa 3 Zoll lange Röhre, die in ein rundes Loch der Vorderwand paßt, und in der eine zweite, welche bequem aus- und einwärts geschoben werden kann, sich befindet. Jede Röhre ist ferner mit einer erhaben geschliffenen Linse begabt. Das Innere des Instrumentes zeigt euch 1. einen kleinen Hohlspiegel in der Nähe der Hinterwand, und 2. eine Lampe, die eine sehr helle Flamme giebt und in dem Brennpunkte jenes polirten Gegenstandes steht. Endlich reiche ich euch zu näherer Anschauung noch eine Menge Bilder dar. Weshalb sich diese fast allein auf Thier- und Menschengestalten beschränken, wird euch bei dem Gebrauche des scheinbaren Zauber-Instrumentes nicht minder klar werden, als warum es nöthig ist, sie vermittels durchsichtiger Farben auf reinem, weißem Glase zu bereiten.

Ich schiebe nun durch die senkrechten Einschnitte, welche die erste Röhre dicht an der Laterne hat, einen Glasstreifen der bezeichneten Art in verkehrter Lage. Hierauf zünde ich die Lampe an. Bei dem Allen beachte ich, daß das Zimmer dunkel ist; daß ferner die Gläser so weit, wie es die Deutlichkeit des Bildes verlangt, von einander entfernt sind; und daß endlich dieses auf die weiße Fläche einer Wand, die dem Kasten gegenübersteht, geworfen wird. Sämmtliche Geschäfte erfordern wenig Mühe und Geschick.

Da spaziert nun das riesige Bild auf der Wand umher; »wie aber ist es wol dorthin gekommen?« — Der Hohlspiegel meines Instrumentes dient allein dazu, die an sich schon helle Flamme der Lampe noch mehr zu verstärken, und wirft, weil letztere in seinem Brennpunkte steht, auf diejenigen Gegenstände, welche an der weißen Wand dargestellt werden sollen, sämmtliche Lichtstrahlen parallel hin. Die erhaben geschliffenen Glaslinsen erzeugen auch hier von solchen Dingen, die etwas über ihren Brennpunkt hinausgerückt sind, verkehrte Bilder. »Wer weiß mir nun zu sagen, warum ich die Gegenstände verkehrt in die senkrechten Einschnitte der Röhre schob?«

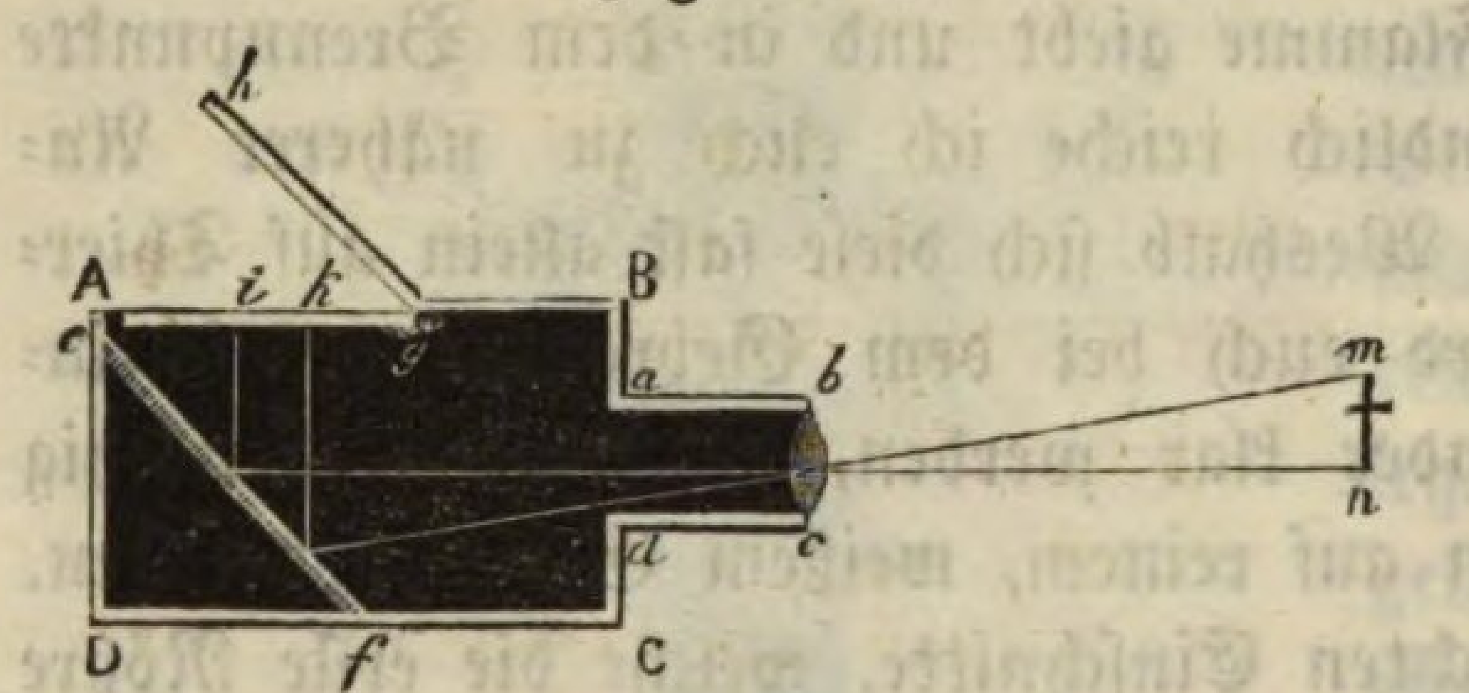
Lasse ich die Bilder der netten Gestalten auf dünnen Mousselin, oder durchscheinende Leinwand (die bezeichneten Stoffe werden in dem verfinsterten Zimmer, oder wenigstens in der Thüröffnung desselben, ausgespannt) fallen; so haben wir die Freude, sie auf beiden Seiten zu sehen. Damit sie ferner weiß erscheinen, sind die Glasstreifen auf der einen Seite mit schwarzer Farbe überstrichen und die Figuren mittels eigener Grabstichel eingekratzt. Die weißen durchsichtigen Glastheile machen hier die Stellvertreter der Gemälde aus. Um die sogenannten Geister scheinbar bald von der Erde zum Himmel, bald wieder

vom Himmel zur Erde u. s. w. steigen zu sehen, bringe ich die Schieberöffnung unmittelbar hinter der Röhre so an, daß die Glasstreifen nicht hin und her, sondern auf und nieder gezogen werden können. Das Nähern und Entfernen der hervorgerufenen Bilder ist eine optische Täuschung. Wenn nämlich die Laterne den Mousselin fast berührt, so stellen sich uns die Bilder sehr verkleinert, mithin so dar, als wären sie in eine recht bedeutende Ferne hinausgerückt; verläßt sie diese ihre Lage wieder, so tritt offenbar für jedes beobachtende Auge die umgekehrte Täuschung ein. Auf einen kleinen Wagen, dessen Räder mit Tuch beschlagen sind, gesetzt, kann die magische Laterne, ohne daß irgend Jemand auch nur das Geringste bemerkt, von einem Orte zum andern geschafft werden.

d. Die dunkle Kammer, Camera obscura.

Die dunkle Kammer stellt einen viereckigen, überall geschlossenen hölzernen Kasten, *ABCD* (Fig. 204.), dar und besitzt noch außerdem in der Mitte der Vorderwand eine Röhre, *abcd*, in der eine erhaben geschliffene Glaslinse, *bc*, senkrecht befestigt ist. Ich mache sie nun auf. Was euch dabei zuerst in die Augen fällt, ist ein ebener Spiegel, *ef*. Sein Ort an der Hinterwand; seine Neigung gegen den Boden unter einem Winkel von 45 Graden; sein Verhältniß zu der Röhre *abcd*, die sich ihm gerade gegenüber befindet: die Wichtigkeit aller dieser Umstände wird euch bei dem Gebrauche des Instrumentes genügend klar werden. Dasselbe gilt von *eg* und *hg*, der matt geschliffenen Glasscheibe und dem Deckel des Kastens.

Fig. 204.



Ich richte nun die Röhre *abcd* nach einem erleuchteten Gegenstande, beispielsweise nach dem von der Sonne recht schön beschienenen Fenster *mn* in der Vorwand. Und sehet! sogleich präsentirt sich in *ik* auf der Glasscheibe *eg* des Fensters verkehrtes und verkleinertes Bild. Bevor ich euch erkläre, wie das Bild zur Glastafel gelangt ist, wende ich die Röhre *abcd* mit seiner Linse *bc* noch nach andern Gegenständen hin, und so liegt denn bald ein Baum, bald ein Haus, bald eine ganze Landschaft lieblich abgemalt vor euren Augen da.« Das größte Interesse gewähren unstreitig auf *eg* hingezauberte Thier- und Menschengestalten. Wie die Urbilder, d. h. die lebendigen Geschöpfe selbst, laufen und springen, reiten und fahren, trinken, essen, fliegen u. s. w. auch sie. Merket!

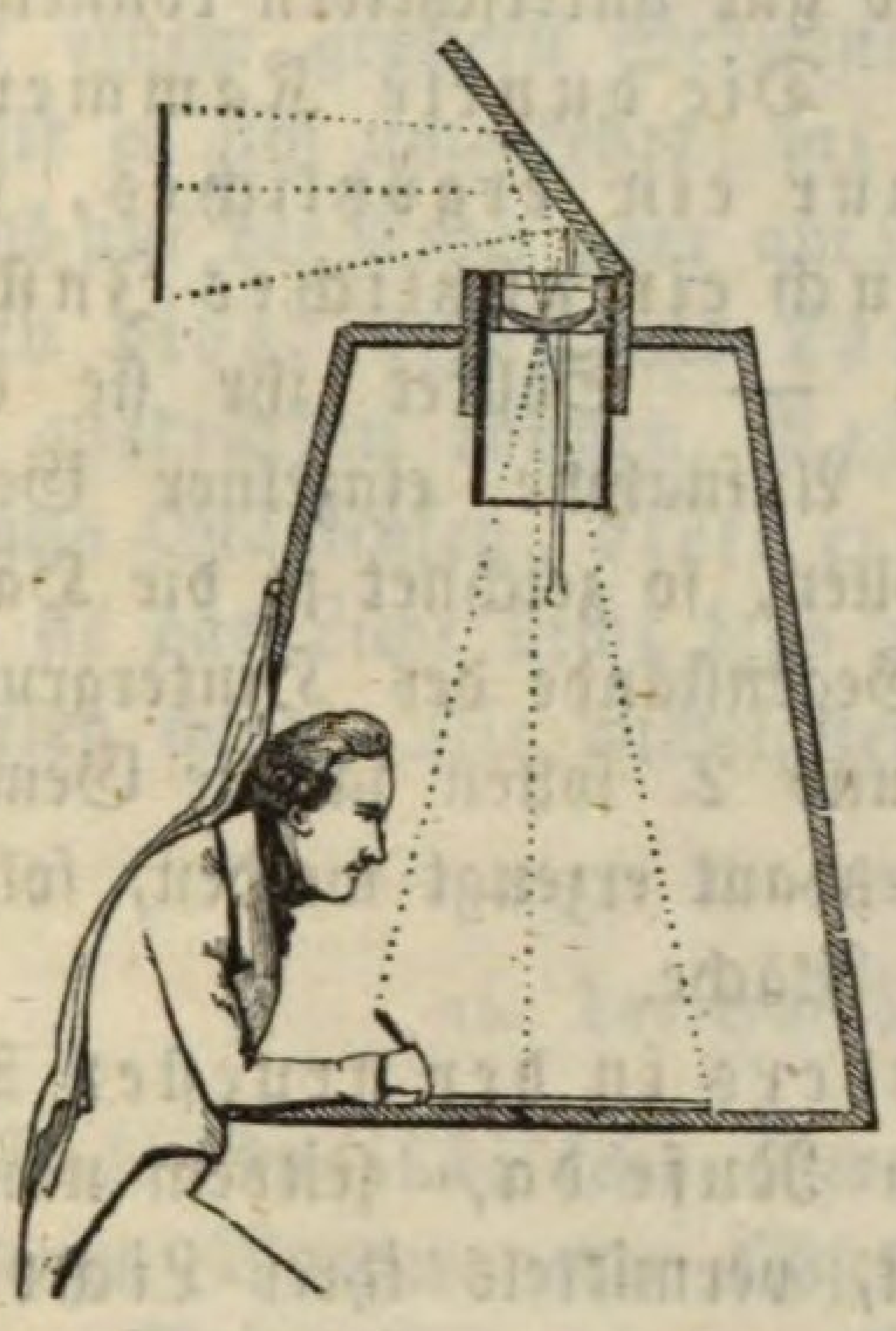
»1. Der viereckige Zauberkasten wird camera obscura oder die **dunkle Kammer** genannt.« — Ein geschickter Physiker, Porta, dessen Haus von Neugierigen selten leer geworden sein soll, erfand ihn um die Mitte des 16ten Jahrhunderts.

»2. Soll er auf der Glastafel *eg* recht deutliche Bilder geben; so muß zuvörderst die Linse *bc* so eingesetzt sein, daß ihre Brennweite genau bis zum Spiegel hinreicht.« — Nur unter die-

ser Bedingung vereinigen sich sämmtliche Strahlen, die von demselben Punkte eines Gegenstandes ausgegangen und in der Linse *bc* gebrochen worden sind, wieder in einerlei Punkte. Die geneigte Stellung des Spiegels *ef* unter einem Winkel von 45 Graden bedarf kaum einer Erörterung. Die Zurückwerfungsstrahlen sollen doch bekanntlich ihre Richtung genau nach oben hin nehmen; wie aber wäre ihnen Dies möglich, hätte *ef* eine senkrechte, horizontale, oder auch nur eine andere geneigte Lage erhalten?«

»3. Die Bilder erscheinen auf *eg* verkehrt.« — Offenbar kann Dies gar nicht anders sein. Um sie aufrecht darzustellen, darf ich vor der Linse *bc* nur einen Metallspiegel in die Lage versetzen, daß derselben das Licht der Gegenstände von ihm, nicht also, wie es bei meiner camera obscura der Fall ist, unmittelbar von Häusern, Bäumen u. s. w. zugeschickt wird.

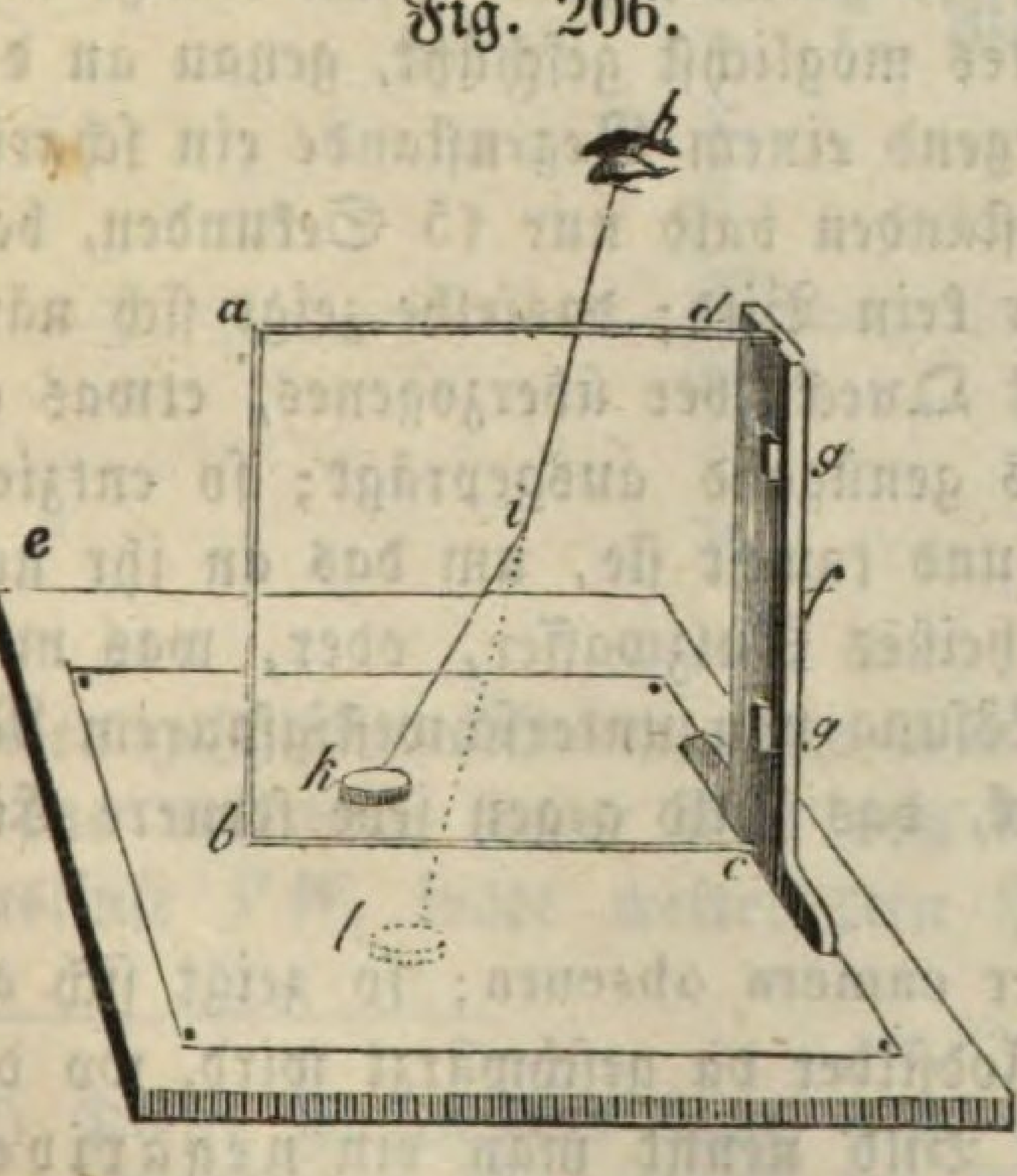
Fig. 205.



»4. Nicht jede camera obscura ist so, wie die unsrige, eingerichtet. Betrachtet daher zuvörderst weiter die 205te Figur! Der Kasten, welchen sie euch veranschaulicht, hat auf seinem Boden ein Blatt weißes Papier, und in seiner Dekke eine Röhre, welche die Sammellinse enthält, und über der ein Spiegel in der geneigten Lage von 45 Graden befestigt ist. »Saget nun selbst, wie bei einer solchen Vorrichtung das Bild auf dem Papiere entsteht!« Uebrigens ist hier das Bild, weil die Wände des Kastens jedem seitwärts kommenden Lichte den Eingang verwehren, sehr lebhaft und kann daher mit Hülfe eines Bleistiftes auch leicht aufgetragen werden. —

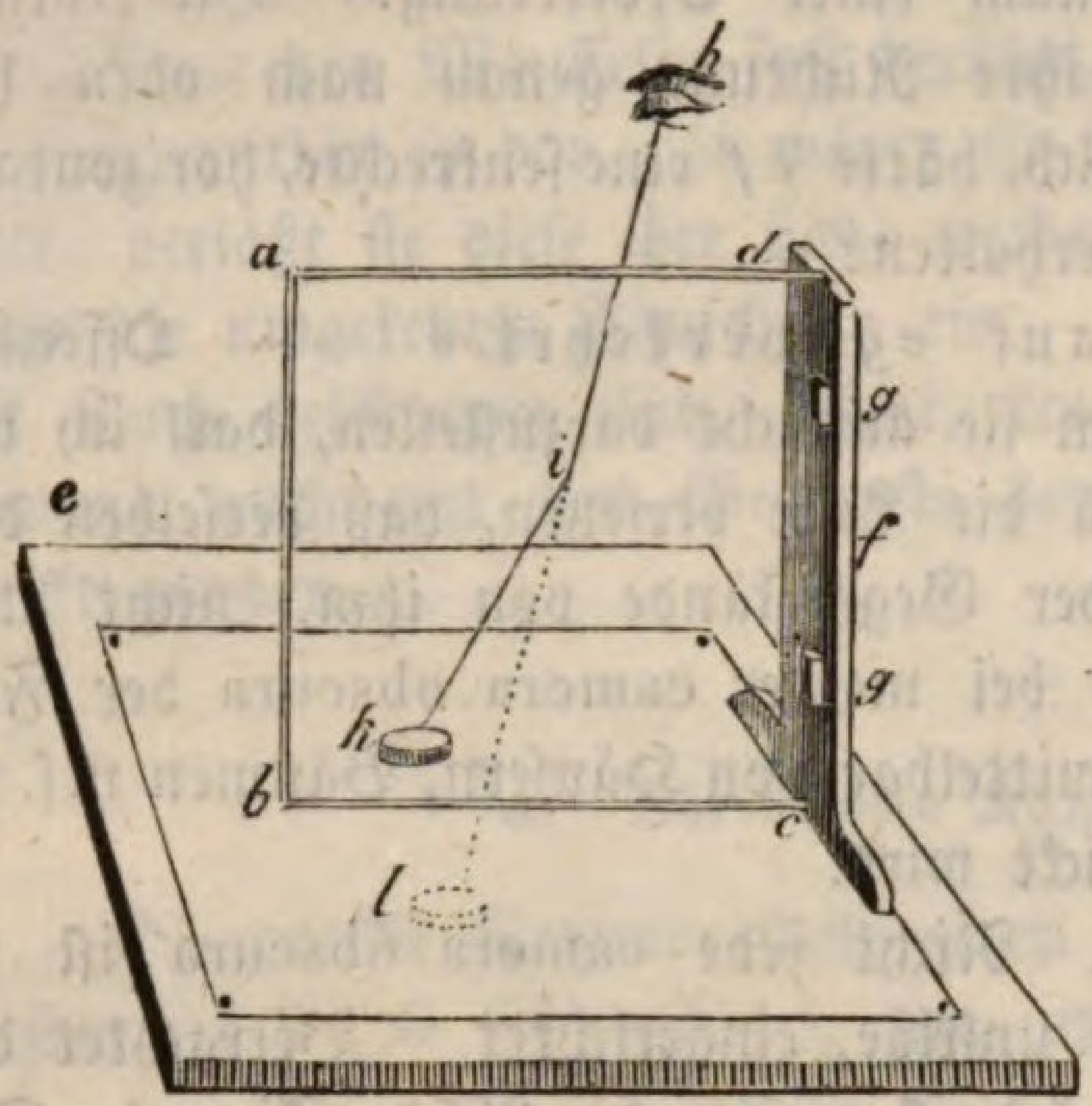
Noch entwerfe ich euch das Bild von einer solchen camera, die uns besonders bei dem Zeichnen kleiner Objekte, wie Blumen, Schmetterlinge und anderer Naturgegenstände, vorzügliche Dienste leistet. Bei ihm stellen dar: 1. *e* (Fig. 206) ein Zeichenbrett; 2. *abcd* eine dünne, quadratische Glastafel, die auf *e* senkrecht steht; 3. *f* eine hölzerne Säule; 4. *g, g* zwei Keile in derselben (die Glastafel greift mit dem einen Rande in den Falz der Säule *f* und wird hier besonders durch die Keile *g, g* festgehalten); endlich 5. *k* denjenigen Punkt auf dem Brette *e*, wohin man den zu zeichnenden Gegenstand bringt. Wir stellen den beschriebenen Apparat zuvörderst so auf, daß wir genau vor uns die Säule *f* haben; hierauf legen wir die Blume, den Schmetterling u. dgl. links von dem Glase, etwa auf den Punkt *k* hin;

Fig. 206.



zuletzt richten wir das Auge *h* nach der Mitte des Glases, bestimmter nach dem Punkte *i*, und zeichnen das Bild ab, welches wir von dem Objekte *k* deutlich, und auch so erblikken, als ob es bei *l* auf dem Papier läge. Da die Säule *f* mit einem Fuße versehen ist; so steht es auch bei uns, den Apparat bald an diesen, bald an jenen Ort zu bringen. Uebrigens kommt bei ihm Alles auf die Stellung an, die wir einnehmen; ist diese passend, so werden wir auch durch die Glastafel das Bild gut unterscheiden können.

Fig. 207.



»5. Die dunkle Kammer ist nicht nur ein ergötzliches, sondern auch ein nützliches Instrument.« — Solltet ihr sie einst bei der Aufnahme einzelner Gegenstände, oder ganzer Landschaften gebrauchen wollen, so zeichnet ja die Hauptumrisse nur leicht ab! denn es erscheinen 1. die Gegenstände des Hintergrundes schärfer, als sie das Auge unmittelbar sieht; und 2. sollen ja die Gemälde jeden Gegenstand so vorstellen, wie sie auf der Netzhaut erzeugt werden, folglich nicht in einer ebenen, sondern in einer sphärischen Fläche.

»6. Die dunkle Kammer steht besonders in der neuesten Zeit als ein Instrument von ausgezeichnetem Rufe da,« seitdem nämlich Daguerre, ein Franzose, die Kunst erfunden hat, vermittels ihrer Lichtbilder von großer Deutlichkeit **dauernd** darzustellen. Das angedeutete Verfahren ist kurz Folgendes:

Man legt eine Kupferplatte, die polirt, mit einer dünnen Silberschicht versehen und kurz vorher sehr sorgfältig polirt worden ist, auf eine vierekkige Schale von Porzellan, in welcher sich eine verdünnte wässerige Auflösung von Chlorjod befindet, und setzt sie so lange dessen Dämpfen aus, bis sich auf ihr eine goldgelbe, oder auch eine violette Schicht gebildet hat. Nun bringt man sie, und zwar vor der Einwirkung des Lichtes möglichst geschützt, genau an die Stelle einer camera obscura, wo von irgend einem Gegenstande ein scharfes Bild entsteht. Hier verbleibt sie nach Umständen bald nur 15 Sekunden, bald 2 Minuten lang. Noch sieht man auf ihr kein Bild; dasselbe zeigt sich nämlich erst dann, wenn man sie über ein mit Quecksilber überzogenes, etwas erwärmtes Metallblech gelegt hat. Ist es genügend ausgeprägt; so entzieht man die Platte den Quecksilberdämpfen, und taucht sie, um das an ihr noch haftende Jod zu entfernen, entweder in heißes Salzwasser, oder, was mehr empfohlen zu werden verdient, in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron. Das letztere Geschäft hat den Zweck, das Bild gegen jede fernere Einwirkung des Lichtes sicher zu stellen.

Läßt man die Platte zu lange in der camera obscura; so zeigt sich auf ihr ohne Weiteres ein Bild, indem das Jodsilber da geschwärzt wird, wo das Licht am kräftigsten wirkt. Ein solches Bild nennt man ein negatives.

Der etwas befremdliche Name kommt daher, daß seinen dunklen Stellen die hellen des Gegenstandes entsprechen und umgekehrt. Uebrigens giebt ein Daguerre'sches Bild nie ganz die richtigen Verhältnisse zwischen Licht und Schatten wieder; es erscheinen z. B. bei ihm die Bäume, indem die grünen Strahlen fast wirkungslos bleiben, stets sehr dunkel. Offenbar verliert es hierdurch nicht wenig an Aehnlichkeit.

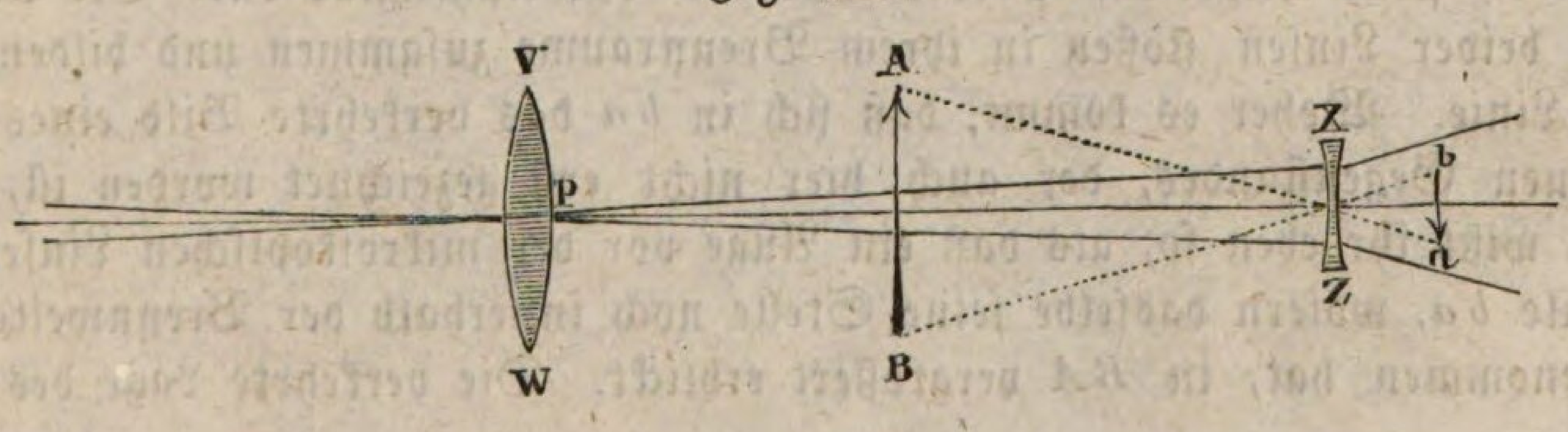
e. Die Teleskope oder Fernröhre.

Die Mikroskope dienen dazu, nahe Gegenstände, welche ein unbewaffnetes Auge ihrer Geringfügigkeit halben nicht genügend scharf wahrnehmen würde, unter einem größern Sehwinkel darzustellen. Mit dem Zwekke der Teleskope verhält es sich umgekehrt; bei ihnen sind es nämlich entfernte Dinge, gleich viel, ob auf der Erde, oder am Himmel, die wir deutlicher erblikken wollen. Wir besitzen dioptrische und katoptrische Fernröhre, oder, wie wir uns auch ausdrükken können, Refraktoren und Reflektoren: jene bestehen nur aus Glaslinsen; diese enthalten Spiegel und Glaslinsen zugleich, so daß durch sie das Licht nicht blos gebrochen, sondern auch, und zwar zuerst, zurückgeworfen wird. Die wichtigsten Fernröhre sind:

aa. das Galiläi'sche oder holländische Fernrohr.

Das Galiläi'sche oder holländische Fernrohr besteht aus einem erhabenen Vorder- oder Objektiv- und einem vertieften Augen- oder Okular-Glase. Beide sind in den Enden eines Rohres so weit von einander befestigt, daß der Brennpunkt des Vorder- mit dem jenseitigen Zerstreuungspunkte des Augenglases zusammenfällt. Da ferner nicht selten solche Umstände eintreten, die einen neuen Abstand der Gläser nothwendig machen; so verfertigen die Künstler die Röhre fast immer aus mehrern Stükken, die sich nach Willkür in einander verschieben lassen. Es stellen dar: *VW* (Fig. 208) das

Fig. 208.

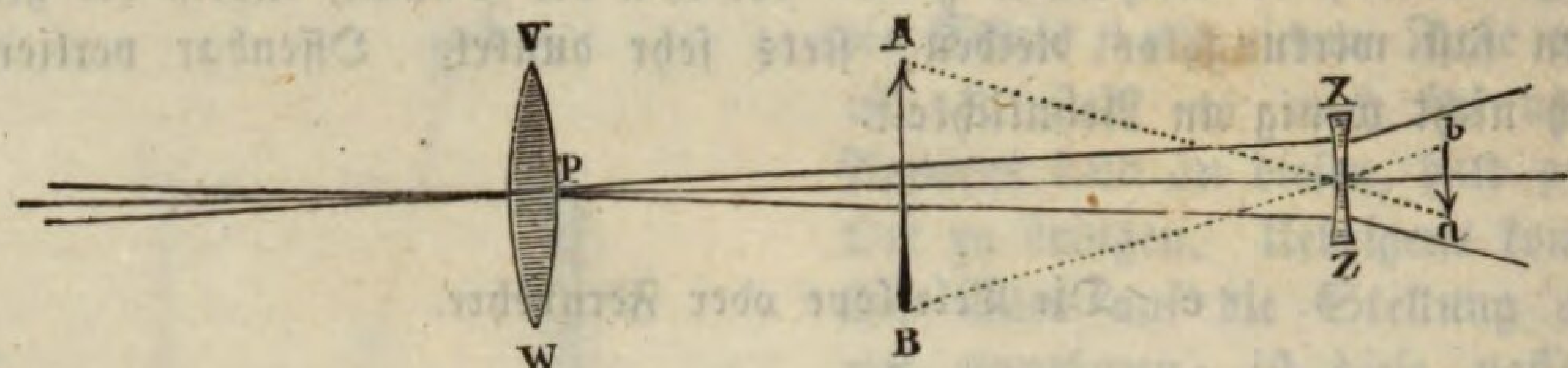


erhaben geschliffene Vorder- und *XZ* das vertieft geschliffene Augenglas; ferner *ba* das verkehrte kleine Bild von einem entfernten Gegenstande*), das die Glaslinse *VW*, träte weiter kein Hinderniß ein, entwerfen würde. Bevor

*) Dieser Gegenstand kann nicht wohl gezeichnet werden, wenn anders die obwaltenden Verhältnisse der Wahrheit möglichst treu dargestellt werden sollen.

es aber den Strahlen, die von einem sehr entlegenen Gegenstande ausgehen, und die Glaslinse *VW* treffen, möglich wird, sich in *ba* zu einem Bilde zu

Fig. 209.



vereinigen, werden sie von dem vertieften Augenglase *XZ* aufgefangen und zum zweiten Mal gebrochen. Diejenigen Strahlen nun, welche nach *a* hinlaufen, fahren, wenn sie durch *XZ* die neue Brechung erlitten haben, so aus einander, als ob sie von dem Punkte *V* gesendet worden wären; in ähnlicher Weise werden ferner sämmtliche Strahlen, die anfangs nach *b* convergiren, durch *XZ* von ihrer Richtung abgelenkt, und zwar in der Art, als kämen sie aus dem Punkte *B*. So sehen wir denn nun anstatt des verkehrten, kleinen Bildes *ba* das aufrechte, vergrößerte Bild *AB*.

Das beschriebene Fernrohr wird, weil es nur ein kleines Gesichtsfeld darbietet, blos gebraucht, wenn man mit einer drei- bis viermaligen Vergrößerung zufrieden ist. Durch Brillenmacher in Middelburg dazu veranlaßt, erfand es Galiläi im April oder Mai des Jahres 1609*). Die bekannten Theater-Perspektive sind nichts anders, als solche Galiläi'sche Fernröhre, deren Augenglas eine ziemliche Breite und deren Gesichtsfeld eine genügende Größe besitzt.

bb. das Kepler'sche oder astronomische Fernrohr.

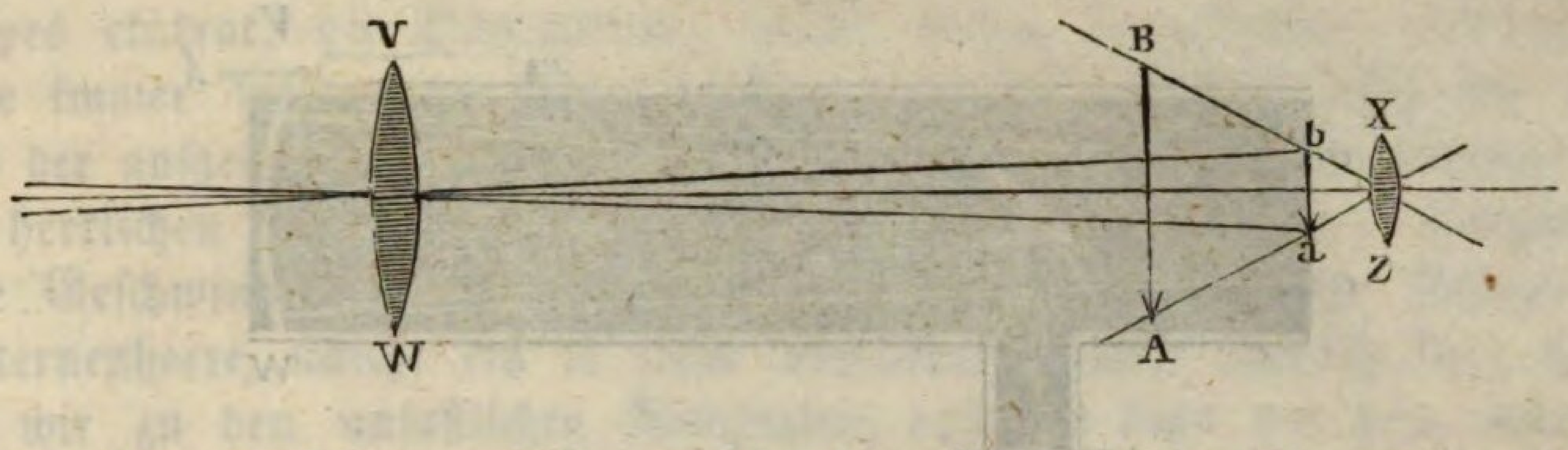
Das Kepler'sche oder astronomische Fernrohr ist dem Galiläi'schen oder holländischen insofern ähnlich, als es auch nur aus zwei Gläsern besteht; allein sein Augenglas ist keine Zerstreuungs-, sondern eine Sammellinse. *VW* (Fig. 210.) stelle wieder das Vorder- und *XZ* das Augenglas dar. Die Brennweiten beider Linsen stoßen in ihrem Brennraume zusammen und bilden eine gerade Linie. Woher es kommt, daß sich in *ba* das verkehrte Bild eines weit entlegenen Gegenstandes, der auch hier nicht erst gezeichnet worden ist, präsentirt, wißt ihr eben so, als daß ein Auge vor der mikroskopischen Linse *XZ* das Bild *ba*, wofern dasselbe seine Stelle noch innerhalb der Brennweite von *XZ* genommen hat, in *BA* vergrößert erblickt. Die verkehrte Lage des Bil-

---

*) Die Erfindung der Fernröhre haben wir einem Zufalle zu verdanken. Als nämlich die Kinder eines Brillenmachers zu Middelburg wieder mit optischen Gläsern spielten, brachten sie in eine Röhre, in welcher der Vater seine Gläser aufzubewahren pflegte, 2 dergleichen Linsen so zusammen, daß sie dadurch den Hahn auf dem Kirchthurme vergrößert erblickten. Voller Freude riefen sie ihren Vater herbei. Galiläi nun, der von dieser schönen Entdekkung Kunde erhalten hatte, errieth die Zusammenstellung der Gläser und verfertigte kurze Zeit nachher das erste Fernrohr.

des kümmert die Sternkundigen wenig. Wer, wie sie, den Himmel mehr, als

Fig. 210.



die Erde, betrachtet, freut sich nur, in dem Kepler'schen Fernrohre ein Instrument zu besitzen, dessen Licht so hell und dessen Gesichtsfeld so ausgedehnt ist.

cc. das Erd-Fernrohr.

Bei allen Fernröhren, die zu Beobachtungen von Gegenständen der Erde bestimmt sind, und welche wir deshalb Erd-Fernröhre heißen, ist es nothwendig, daß das letzte, d. h. dem Auge zunächst gelegene Bild aufrecht erscheint.

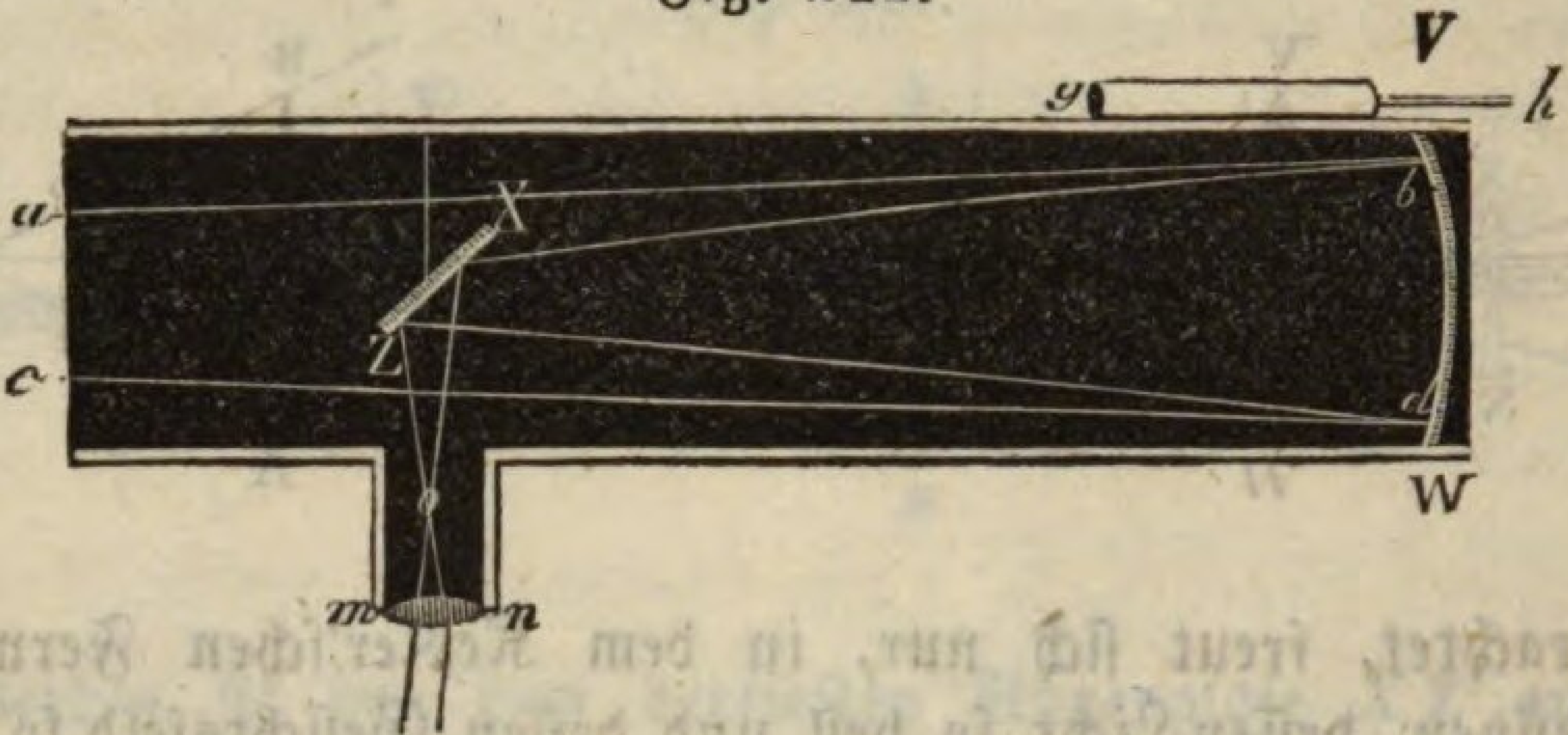
Das Erd-Fernrohr besitzt gewöhnlich eine Länge von 24 Zoll. In seiner vordern Zugröhre befinden sich meist drei mikroskopische Linsen, deren gegenseitige Entfernung stets dieselbe bleibt, und die überdies so geordnet sind, daß der hintere Brennpunkt der vorhergehenden und der vordere der nächstfolgenden Linse genau zusammenfallen. Außer ihnen, die alle den Namen Augengläser führen, gehört zu einem solchen Fernrohre noch eine Objektiv-Linse von großer Brennweite. Wer je ein Erd-Fernrohr gebraucht hat, weiß bestimmt, daß die Objektiv-Linse, weil die Augen verschieden sind, jenen drei mikroskopischen Linsen bald mehr, bald weniger genähert werden kann. Die Objektiv-Linse giebt von jedem Gegenstande ein verkehrtes Bild; die beiden ersten Okulare, welche ihr also zunächst liegen, versetzen dasselbe in die aufrechte Lage; die dritte Okular-Linse endlich vergrößert es eben so, wie bei dem Kepler'schen Fernrohre das einzige Augenglas. Beachtet nur hierbei: 1. daß das Bild, welches die Objektiv-Linse hervorgerufen hat, ganz nahe vor dem ersten Augenglase, und zwar innerhalb der Brennweite desselben, liegt; 2. daß jenes Augenglas die Strahlen des Bildes auffängt und ihnen eine konvergirende Richtung giebt; und daß diese 3., ehe sie sich vereinigen können, auf das zweite Augenglas treffen, welches endlich alle Strahlen, die von demselben Punkte des Bildes ausgegangen sind, wieder in einerlei Punkte sammelt. Hier also stellt sich dem Beobachter ein neues Bild, und zwar ein umgekehrtes des ersten Bildes, mithin, weil dies schon verkehrt war, ein aufrechtes Bild des Gegenstandes dar.

dd. das Newton'sche Fernrohr.

Zu denjenigen Fernröhren, bei denen ein Hohlspiegel die Stelle der Objektiv-Linse vertritt, gehören besonders drei Arten, die nach ihren Erfindern, **Newton, Cassegrain und Gregory**, benannt worden sind.

Das Newton'sche Fernrohr besteht 1. aus einem metallnen Hohlspiegel, *VW* (Fig. 211), der ganz im Hintergrunde einer Röhre angebracht ist; 2. aus

Fig. 211.



einem kleinen Planspiegel von demselben Stoffe, *XZ*, der sich gegen die Achse des Fernrohrs unter einem Winkel von 45 Graden neigt und seine Stelle innerhalb der Brennweite von *VW* eingenommen hat; 3. aus einer erhaben geschliffenen Linse, *mn*, welche ihr in einer besondern Röhre, die mit der Seitenwand verbunden ist, angebracht seht; endlich 4. aus einem kleinen Fernrohre, *gh*, das dem Haupt-Instrumente die nöthige Richtung giebt. Seine Wirksamkeit liegt offen da. Gesetzt *ab* und *cd* seien zwei Strahlen, die von irgend einem entfernten Punkte kommen, den Spiegel *VW* treffen, und von diesem so reflektirt werden, daß sie, bevor sie sich wieder vereinigen können, von dem Spiegel *XZ* eine zweite Zurückwerfung erleiden: müssen sie sich dann nicht in einem Punkte, *o*, durchschneiden? und wird etwa ferner nicht eine Linse, *mn*, die von *o* genau, oder doch ziemlich genau, um ihre Brennweite entfernt ist, sie so brechen, daß sie bei dem Auge parallel ankommen, mithin in derselben Weise, wie bei dem astronomischen Fernrohre, ein deutliches Bild erzeugen? »Gebet schließlich alle Aehnlichkeiten und Unterschiede zwischen dem Kepler'schen und dem Newton'schen Fernrohre an!«

Die Fernröhre Cassegrain's und Gregory's haben einen durchbrochenen Hohlspiegel von Metall; ich übergehe sie hier, als unserm Zwekke zu fern liegend. — Was ihr indeß sonst noch über die Fernröhre wissen müßt, fasse ich in folgende 2 Punkte zusammen:

1. Da die Wirksamkeit eines Fernrohrs nur von der verhältnißmäßigen Brennweite der Objektiv- und der Okular-Linse abhängt; so scheint es, als könne die Vergrößerung beliebig weit getrieben werden. Allein es ist Dies wirklich nur Schein. Von den mancherlei Hindernissen, welche sich überaus starken Vergrößerungen entgegenstellen, nenne ich euch besonders den Umstand, daß zuletzt mit der Größe der Bilder auch deren Undeutlichkeit wächst.

2. Wer sehr kleine, zugleich lichtschwache Gegenstände am Himmel aufsuchen will, bedarf offenbar eines Fernrohrs, das nicht nur stark vergrößert, sondern auch ein ganz vorzüglich erleuchtetes Bild liefert. Letzteres fällt aber stets um so besser aus, je mehr Strahlen in jedem seiner Punkte sich vereinigen, oder je größer das Objektiv-Glas im dioptrischen, oder der metallene Hohlspiegel im katoptrischen Fernrohre ist. Das Objektiv-Glas des einen Fernrohres in Berlin (Fraunhofer ist der Verfertiger) hat 9 Zoll Durchmesser. Was schon die kleinen Herschel'schen Teleskope leisteten, erzählt der berühmte

Künstler und Astronom selbst. Seine spätern, ungleich vollkommnern Instrumente dieser Art brachten fast unglaubliche Wirkungen hervor. So sah er z. B. schon lange vorher, ehe der Sirius in das Feld seines vierzigfüßigen Teleskopes eintrat, die Dämmerung, welche dessen Annäherung verkündigte, und die immer heller ward, bis endlich das mächtige Gestirn selbst mit allem Glanze der aufgehenden Sonne erschien, und das erstaunte Auge nöthigte, von diesem herrlichen Schauspiele der Natur sich hinwegzuwenden. Vergleichen wir die Geschwindigkeit des Lichtes mit den Entfernungen der Sterne und der Sternenheere, welche ein so stark bewaffnetes Auge entdeckt hat; so gelangen wir zu den unfaßlichen Resultaten, daß das Licht von dem äußersten Sterne, den uns die Teleskope noch einzeln erkennen lassen, in etwa 7000 Jahren zu uns gelangt, und daß mindestens 500,000 Jahre verfließen müssen, ehe es von jenen Welten, die allzu entfernt sind, um noch einzeln erkannt zu werden, unser Auge rührt. Welche Unendlichkeit thut sich hier vor unsern Blikken auf! Jetzt versteht ihr wol auch das Wort, welches einst der Herr zu den Seinen sprach: »in meines Vaters Hause sind viel Wohnungen?«

Achter Abschnitt.

Der Magnetismus.

---

§. 1.
Die Anziehungskraft des Magnets.

Dieser grauschwärzliche Stein, der sich in unserm Vaterlande besonders auf dem Harze und im Erzgebirge, sonst aber, und zwar in größter Menge, in Norwegen, Sibirien, überhaupt in den nördlichen Theilen der Erde findet, besitzt, ungeachtet ihr nichts Auffallendes an ihm wahrnehmt, Eigenschaften, die eines Jeden Bewunderung rege machen. Ich wälze ihn zuvörderst in feiner Eisenfeile umher. Wie merkwürdig! er hat sie in Menge angezogen; auch läßt er sie nicht eher los, bis sie ihm mit Gewalt entrissen wird. Hierauf bringe ich ihm eine kleine, an einem gewöhnlichen Faden befestigte eiserne Kugel allmälig näher. Und sehet! bei einem gewissen Punkte angelangt, eilt sie ihm schnell zu, berührt ihn, bleibt an ihm hängen, und zeigt überhaupt keine Lust, von ihm sich wieder zu trennen. Solche Erscheinungen sind offenbar einer nähern Betrachtung werth. Höret!

»1. Fast jedes Mineral, welches das Eisen in einem wenig verkalkten Zustande enthält, besitzt, aus der Erde zu Tage gefördert, die wunderbare Eigenschaft, Eisen und eisenhaltige Körper, wie Röthel, Bolus, Basalt, Messing, Wasserblei u. s. w., vermöge einer unsichtbaren Kraft festzuhalten, und wol auch, falls sie keine zu bedeutende Schwere haben, schon aus der Ferne anzuziehen.«

»2. Alle Körper, bei denen wir, ohne erst feine Untersuchungen anstellen zu dürfen, jene Eigenschaft hervortreten sehen, werden nach der Stadt Magnesia in Kleinasien, wo die Anziehungskraft zuerst, und zwar schon 600 Jahre v. Chr., beobachtet worden sein soll, mit dem Namen **Magnete** belegt. Die Ursache sämmtlicher hierher gehörigen Erscheinungen heißt **Magnetismus,** oder auch, jedoch seltener, **magnetische Materie.**«

»3. **Die Größe der Kraft hängt nicht von dem Umfange des Magnets ab; denn es giebt große Magnete, die wenig, und kleine, welche viel tragen.**« Gewöhnlich ziehen diejenigen Magnete am besten, welche auf der Erdoberfläche frei daliegen, mithin dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt sind. Die Stärke eines Magnets wird stets durch diejenige Zahl bestimmt, welche uns anzeigt, wie oft das von ihm getragene Gewicht seine eigene Schwere in sich faßt. Magnete, die über 2 Pfund wiegen, ziehen selten mehr, als ihr zehnfaches Gewicht.

»4. **Das Eisen ist nicht das einzige Metall, auf welches der Magnet anziehend wirkt; auch Nikkel und Kobalt nehmen, besonders wenn sie vollkommen rein sind, an den magnetischen Eigenschaften Theil.**« Beide Körper sind Metalle: **Nikkel** sieht gewöhnlich grauweiß aus, ist fast von der Schwere des Eisens und bedarf zu seiner Schmilzung eine Hitze von mehr als 600 Graden nach Réaumur; **Kobalt** hat eine lichtgraue Farbe, ist überaus fest und kann selbst im Feuer schwer verkalkt werden.

Hier bestreue ich eine dünne Holzplatte mit feiner Eisenfeile. Wohin ich dann meinen Magnet auch bringen möge, ob an diese oder jene Stelle ihrer Unterlage; stets richten sich die gerade über ihm befindlichen Körperchen empor und erzielen mit ihm eine Vereinigung. Vermittels einer Scheibe von Glas, Pappe, überhaupt fast jeder andern Masse, erhalte ich unter denselben Bedingungen ein gleiches Resultat. Ich wiederhole meinen Versuch, gebrauche aber statt der Eisenfeile eine Nähnadel und statt der hölzernen Platte (diese ginge zwar eben so gut) eine Scheibe von Glas. Wie wir sehen, verharrt auch die ungleich schwerere Nadel nicht auf dem ihr angewiesenen Orte; sie fährt vielmehr ganz so einher, wie es ihr der Magnet gleichsam zu befehlen scheint. Eine Eisenplatte, zwischen den Magnet und die feinen Körperchen, welche angezogen werden sollen, gebracht, verringert die bezeichnete Wirkung ungemein, ja läßt sie zuweilen gänzlich verschwinden. Endlich zeige ich euch noch, wie der Einfluß des Magnets auch dann abnimmt, wenn ich ihn von der Eisenfeile, oder von jenem kleinen magnetischen Pendel allmälig immer mehr entferne. Lernet aus diesen Versuchen:

»1. **Die Wirkung des Magnets geht nicht blos durch die Luft, sondern wird auch durch Glas, Holz, Papier, Wasser u. s. w. nicht aufgehalten.**« Gerade auf diesem Umstande beruhen eine Menge Spielereien, die jedoch kaum des Erwähnens werth sind.

»2. **Bringe ich zwischen den Magnet und die anzuziehenden Körperchen eine Eisenplatte; so erschöpft sich an der letztern seine Kraft fast ganz, und erlangt wenigstens nicht sogleich die Eigenschaft, auf das Pendel, die Nähnadel, die feinen Eisentheilchen u. s. w. magnetisch zu wirken.**“

»3. Verschiedene Versuche, die anziehende Kraft eines Magnets für ungleiche Entfernungen zu finden, haben fast ohne Ausnahme zu dem Gesetze geführt: **die magnetischen Kräfte nehmen im Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen ab.**“ Die anziehende Kraft eines Magnets ist in der doppelten Entfernung wirklich nur den vierten, in der dreifachen

nur den neunten Theil u. s. w. so stark, als in der einfachen. Die Beweise für diese Behauptung gehören nicht hierher.

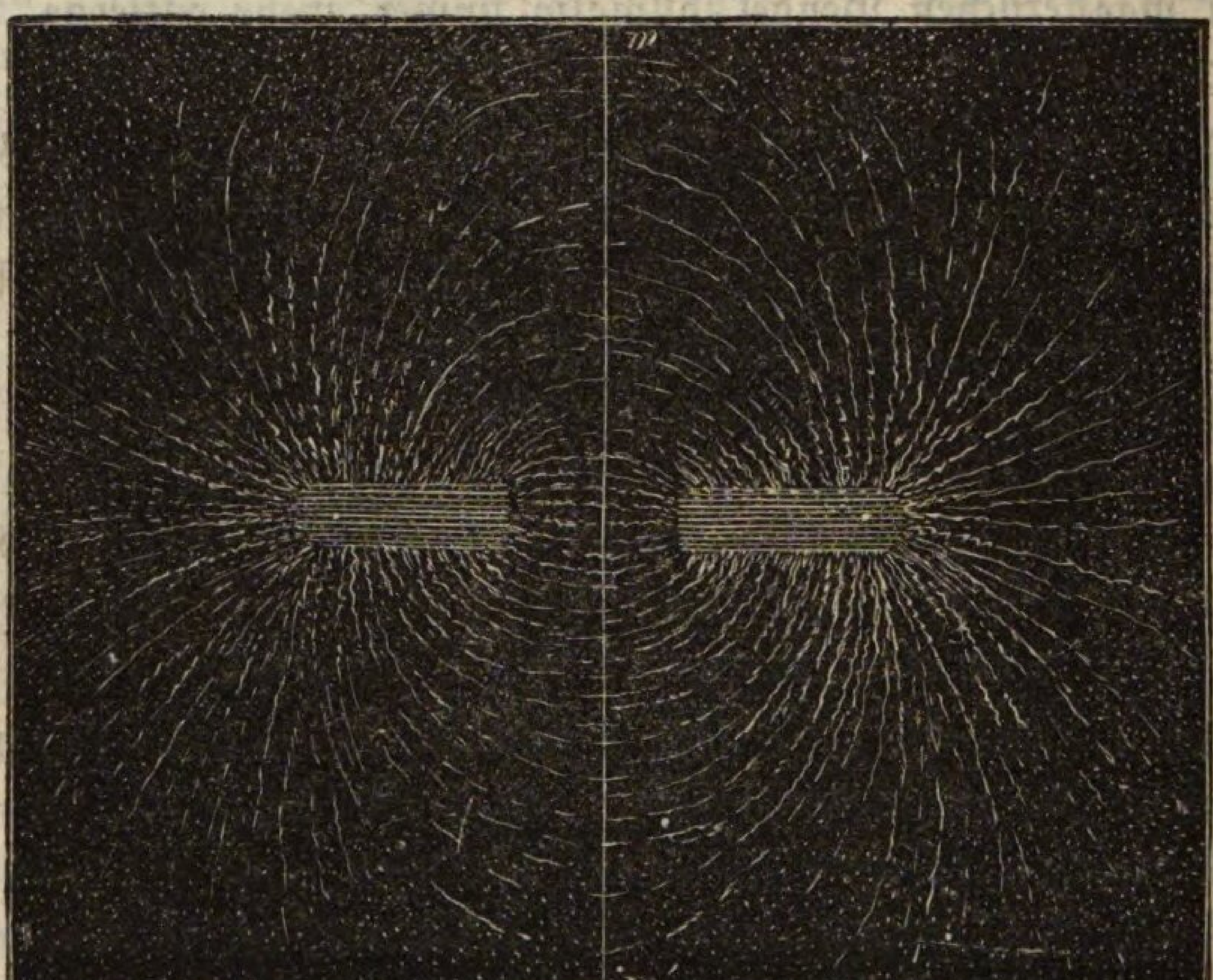
Schließlich bemerke ich, daß die Kraft eines Magnets verstärkt und geschwächt werden kann: ersteres, wenn wir demselben täglich etwas mehr zu tragen geben; letzteres, wenn wir ihn unbeschäftigt liegen lassen, heftigen Schlägen oder Erschütterungen aussetzen, der Wärme auf ihn einen zu großen Einfluß gestatten u. s. w. Nicht blos des Aussehens, sondern auch der Tragkraft wegen bleibt es immer anzuempfehlen, die Magnete vor Rost zu bewahren und sie nach dem jedesmaligen Gebrauche mit einem fetten, leinenen Lappen abzureiben.

§. 2.

Die Polarität des Magnets.

Nachdem ich, wie früher, auch jetzt den Magnet in feiner Eisenfeile umhergewälzt habe, untersuchen wir, in welcher Menge letztere von den verschiedenen Punkten seiner Oberfläche festgehalten wird. Schon ein flüchtiger Blick sagt uns, daß die Anziehungskraft nicht überall gleichmäßig hervortritt, sondern daß es namentlich 2 einander gegenüberstehende Punkte giebt, wo sie sich in ihrem höchsten Glanze zeigt. Ich markire diese Stellen, streife die Eisenfeile ab und führe nun fast über alle Punkte des Magnets eine stählerne Nadel hinweg. Und sehet! sie kommt nur an jenen beiden Punkten senkrecht, an allen übrigen Stellen hingegen mehr oder weniger schräg, ja wol gar wagerecht auf die Oberfläche des Magnets zu stehen. Lege ich eine Glastafel (ein Karten- oder Papierblatt ist auch brauchbar) über den Magnet, und lasse auf dieselbe durch ein feines Sieb Eisenfeile fallen; so ordnen sich letztere, wenn ich die Glastafel schwach anstoße, dergestalt, daß sie krumme Linien bilden, die alle, wie die hier beigefügte Figur 212 zeigt, von 2 sich entgegengesetzten Punkten

Fig. 212.

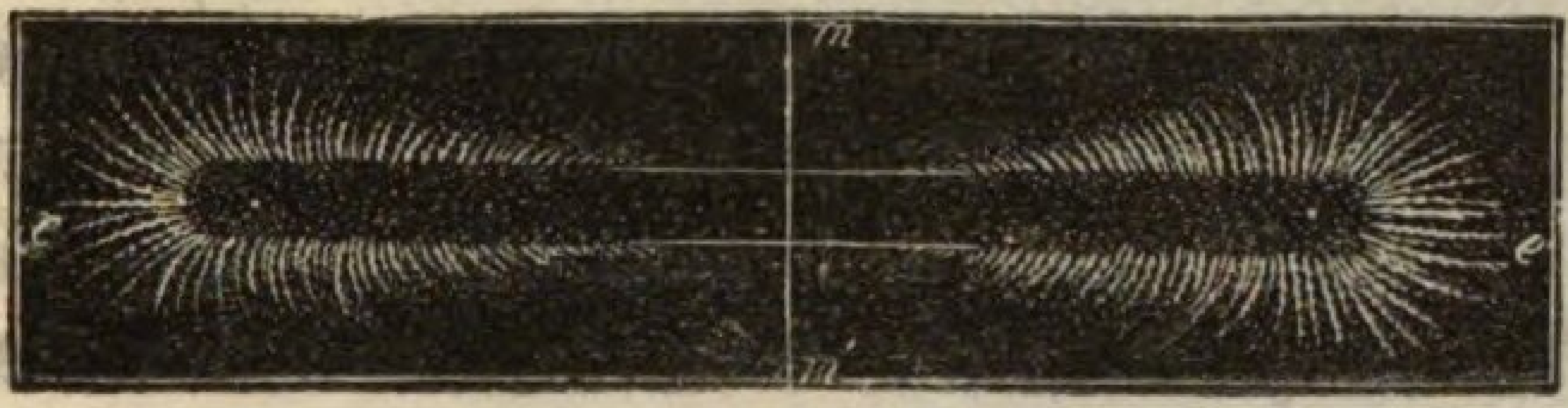


auszulaufen scheinen. Noch mache ich einen vierten Versuch. Dieses Schiffchen ist aus dünnem Holze bereitet, und daher so leicht, daß es selbst noch dann, wenn ich es mit einem Magnet beschwert habe, auf dem Wasser schwimmt. Habe ich anders alle eisenhaltigen Körper aus seiner Nähe entfernt; so werden wir auch sehen, daß es stets ungefähr in der Richtung von Mittag nach Mitternacht stehen bleibt. Wer dabei zugleich den Magnet genau betrachtet, nimmt gewiß noch Dies wahr, daß jene beiden bezeichneten Punkte die Richtung des Schiffchens zu bestimmen scheinen. So merket denn:

»1. Die beiden Punkte eines Magnets, welche sich zum Theil durch ihre bedeutendere Anziehungskraft, zum Theil durch ihre genau bestimmte Richtung auszeichnen, heißen die **Pole** desselben, und zwar wird derjenige Punkt, welcher sich nach Mittag wendet, der **Südpol**, hingegen der andere der **Nordpol** genannt.« Wir werden übrigens später kennen lernen, daß es nicht so übel wäre, die Pole des Magnets gerade auf die entgegengesetzte Weise zu bezeichnen.

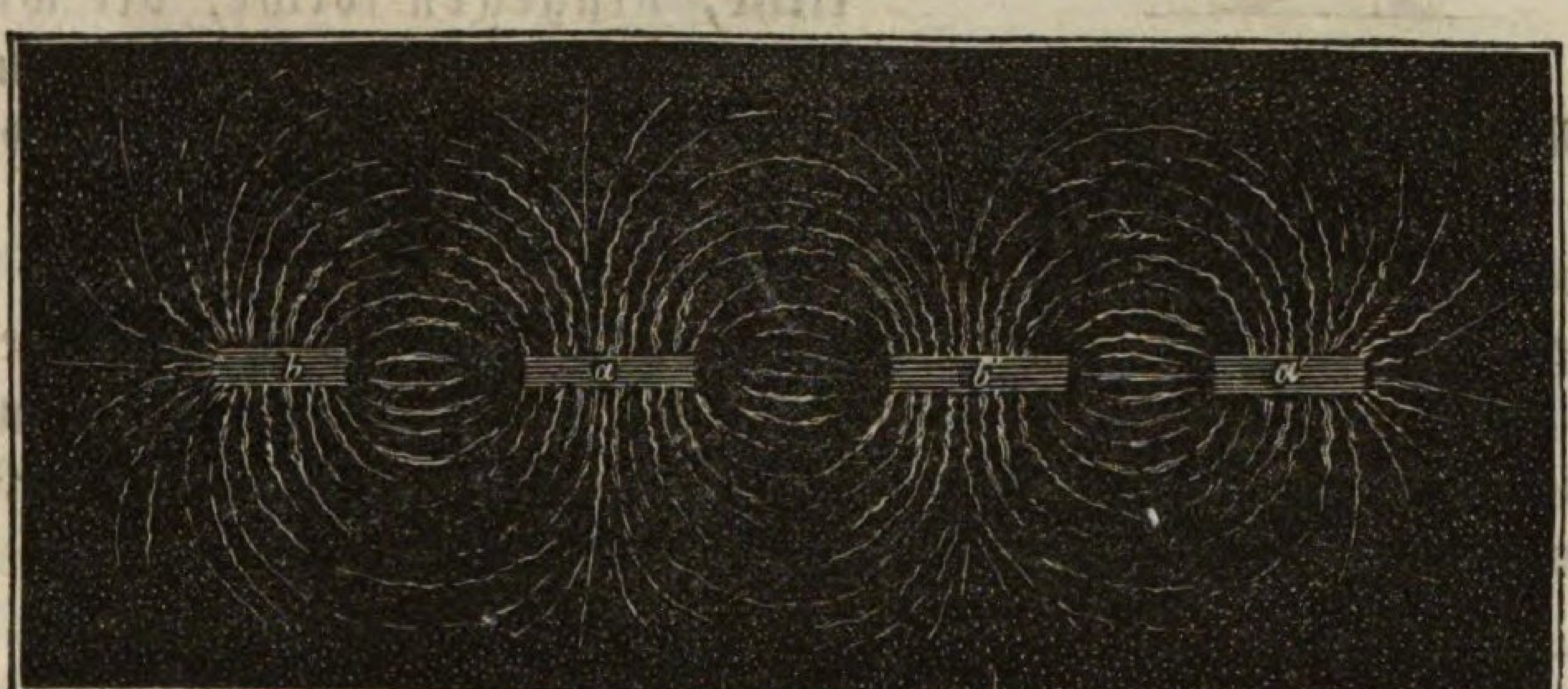
»2. Jeder Magnet hat ferner eine **Mittellinie**, *mn* (Fig. 213). Dieselbe zieht auf keinem ihrer Punkte das Eisen an und theilt gleichsam den Magnet in 2 gleiche Theile.« Wie von ihr aus nach den beiden Polen *e* und *e'* hin die anziehende Kraft wächst, können wir an jedem Magnete und auch an der hier entworfenen Zeichnung genügend klar ersehen.

Fig. 213.



»3. Auffallend genug, finden wir zuweilen auch solche Magnete, an denen 3, 4, ja noch mehr Pole wahrzunehmen sind. Alle diese Pole werden **Folgepunkte** genannt.« Um sie kennen zu lernen, haben wir nur nöthig, den Magnet in feiner Eisenfeile umherzuwälzen, oder ihm eine Probenadel zu nähern. Bringen wir ihn, wie früher, unter ein Kartenblatt mit Eisenfeile; so ordnen sich die Körperchen ganz so, wie ihr sie in Fig. 214 erblickt. Magnete mit Folgepunkten sind für gewisse Zwecke des Lebens unbrauchbar. Uebrigens fehlt es uns nicht an Mitteln, sie in solche, die blos 2 Pole besitzen, umzubilden.

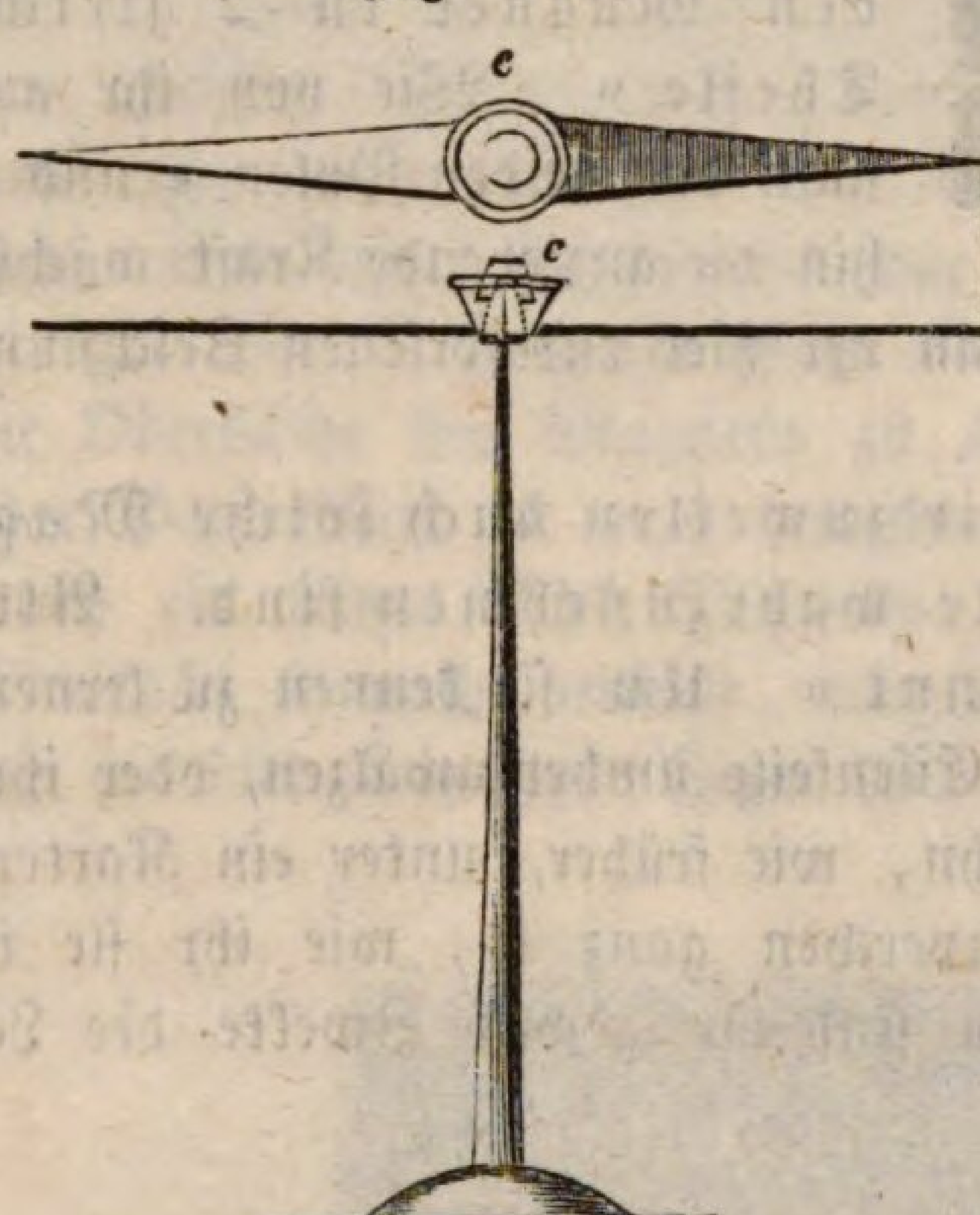
Fig. 214.



„4. Auf der zweiten Eigenschaft des Magnets, die wir mit dem Namen **Polarität** belegen, beruht die Einrichtung des Schiffskompasses," eines Instruments, durch das die Menschen erst in den Stand gesetzt worden sind, auf das hohe Meer zu steuern und neue, selbst von den mächtigsten Nationen des Alterthums ungekannte Länder aufzusuchen. Leider wissen wir den Namen Dessen nicht, dem das Menschengeschlecht die Entdeckung der Magnet-Polarität verdankt; ja, wir sind selbst darüber in Zweifel, welches Volk diese wichtige Eigenschaft zuerst als Mittel benutzt hat, irgend eine Richtung im Raume sicher zu bezeichnen. Vor dem Jahre 1300 n. Chr. dürfte wol kein Kompaß in eines Europäers Händen gewesen sein *). Daß der kühne Seefahrer, wann er in finsterer Nacht, oder auch an solchen Tagen, da ihm Nebel und Stürme den Anblick des Himmels verhüllen, auf dem Ocean dahinfährt, nur in ihm den treuen Führer wiederfindet, ist zu bekannt, als daß ich hierüber Näheres mittheilen dürfte. Wie aller Wahrscheinlichkeit schon im frühesten Alterthum, benutzen die Menschen auch noch heutigen Tages den Kompaß ferner dazu, bald in stark bewaldeten Gegenden, bald in solchen großen Sandsteppen, wie sie Asien und Afrika besitzen, sich zurecht zu finden.

Bisher habe ich mich zu allen Versuchen nur eines solchen Magnets bedient, wie ihn uns der Boden gewisser Länder in Menge darbietet; es giebt indeß Magnete noch ganz anderer Art. So ist z. B. dieses Hufeisen, an dessen Enden die Pole liegen, auch ein Magnet; eben so jener dünne, an beiden Enden scharf zulaufende Streifen Stahl, der, auf einer feinen Spitze ruhend (Fig. 215) und in seiner Mitte mit einem Achathütchen begabt (zuweilen hängen wir ihn wol auch an einem Faden auf), sich wagerecht drehen kann. »Magnete, wie die vorgezeigten, heißen, weil sie erst durch die Menschen ihre wunderbare Kraft erhalten haben, **künstliche**, hingegen solche, die wir aus der Erde zu Tage fördern, **natürliche Magnete**.« Ueber die Verfertigung künstlicher Magnete wird später die Rede sein.

Fig. 215.



Noch ist mein rautenförmiger Magnet (sein gewöhnlicher Name ist Magnetnadel) in Ruhe und ungefähr von Mittag nach Mitternacht gerichtet. Ehe ich selbst nur das Geringste mit ihm mache, achtet nicht allein auf diese seine Lage im Allgemeinen, sondern auch insbesondere auf dasjenige Ende desselben, welches nach der letztern Himmelsgegend zeigt! Ich setze ihn nun in

*) Nach der gewöhnlichen Erzählung soll der Kompaß im obern Asien erfunden, von dort aus nach China und dem ganzen Orient, und zuletzt, nämlich von den Kreuzfahrern im 13. Jahrhundert, nach Europa gebracht worden sein.

Bewegung. Und sehet! er nimmt, in den Zustand der Ruhe zurückgekehrt, seine vorige Richtung vollkommen wieder ein; ja selbst in der Lage seiner beiden Spitzen ist keine Veränderung bemerkbar. Wie schön offenbart ein solcher Magnet die in ihm wohnende Polarität! Wer auch die Anziehung besser, als vorhin, kennen lernen will, lege an die beiden Pole eines hufeisenförmigen Magnets ein Stück weiches Eisen, den sogenannten Anker (ein gewöhnlicher Schlüssel ist hierzu auch brauchbar), und belaste es mit so viel Gewichten, als er nur immer halten kann. Offenbar muß ein Magnet, dessen Pole zu gleicher Zeit wirken können, an Trage- oder Anziehungskraft gewinnen. Ein Ring dient zum Aufhängen des in Rede stehenden Körpers.

Mein frei schwebender Magnet verharrt aufs neue ganz ruhig in seiner gewöhnlichen Lage. Indem ich nun aber in die Nähe seines Nordpols den gleichnamigen Pol meines hufeisenförmigen Magnets bringe, fängt er sofort sich zu drehen an, und zeigt uns überhaupt auf eine sehr merkwürdige Weise, daß er nicht gesonnen ist, mit dem Nordpole des andern Magnets irgend eine Verbindung einzugehen. Ganz dieselbe Erscheinung gewähren uns die Südpole beider Magnete. Führe ich aber dem Nordpole der Nadel den Südpol, oder dem Südpole derselben den Nordpol des andern Magnets zu; so geben sich die Pole jenes frei schwebenden Magnets alle Mühe, mit den ungleichnamigen Polen des zweiten Magnets zusammenzukommen, und bleiben dann auch an diesen so lange hängen, bis irgend eine fremde Kraft sie wieder trennt. Meine Experimente haben euch übrigens mit einem wichtigen Gesetze bekannt gemacht; dasselbe lautet:

»gleichnamige Pole stoßen sich ab; ungleichnamige ziehen einander an.«

Mit Recht nennen wir daher jene Pole feindliche, hingegen diese freundliche Pole.

Wer auch nur so viel über die Anziehung und die Polarität des Magnets gehört hat, muß sich eine Menge Kunststücke und Spielwerke, z. B. die magnetischen Schwäne und Fische, die magnetische Zauberin, die magnetische Uhr, das magnetische Wahrsagerkästchen u. s. w., leicht erklären können.

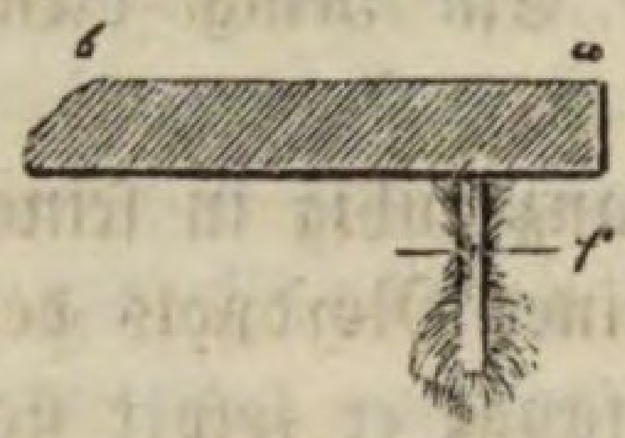
§. 3.

Die Erregung des Magnetismus in Eisen und Stahl.

Um euch an dem Magnete noch eine dritte Merkwürdigkeit auffinden zu lassen, wälze ich ihn abermals in recht feiner Eisenfeile umher. Und auch sie stellt sich in Kurzem euren Augen dar. »Wer gewahrte wol z. B. nicht, daß der Magnet sich keineswegs so, wie etwa ein nasser Körper mit Sandkörnlein, auf denen derselbe umhergerollt worden ist, mit Eisentheilchen umgiebt?« Anstatt sich einzeln anzulegen, reihen sich vielmehr gar viele Eisentheilchen an einander, bilden Büschel von der Länge mehrerer Linien, und zeigen so, besonders an den beiden Polen, daß sie selbst magnetisch geworden sind. Von diesem Einflusse des Magnets überzeugen euch einige eiserne Nadeln noch besser. Ungeachtet sie für sich allein keine Lust haben, sich gegenseitig anzuziehen; so hängt

sich doch sofort an die erste, wenn dieselbe von einem guten Magnete getragen wird, eine zweite, an die zweite eine dritte, an die dritte eine vierte u. s. w. Nehme ich ferner von dieser sonderbaren Kette das erste Glied, also den Magnet, hinweg; so fallen alle Glieder, weil sie nun nicht mehr zusammengehalten werden, aus einander. Noch mache ich einen dritten Versuch und stelle die Resultate derselben zugleich in einer Zeichnung auf der Wandtafel dar. Es trage zuvörderst der Magnet *b a* (Fig 216) den eisernen Cylinder *f*; hierauf nähere ich dessen unterm Ende feine Eisenfeile. Und so sehen wir denn, daß die Fäden der Eisenfeile von dem freien Ende des Cylinders *f* an immer kleiner werden; daß ferner gegen sein oberes Ende hin ein Punkt sich findet, wo die Anziehung auf Null steht; daß endlich über diesem Punkte wieder Eisenfeile, jedoch nach der entgegengesetzten Richtung hin, haften bleibt: kurz, daß der Cylinder *f* ein förmlicher Magnet mit 2 Polen und einer neutralen Linie geworden ist. Letztere fällt hier übrigens nicht mit der geometrischen Mitte zusammen. Wer bei meinen Versuchen nicht Eisenfeile, sondern Stahlfeile, und statt der eisernen Nadeln dünne Stücklein von gut gehärtetem Stahle gebraucht, überzeugt sich genügend, daß die Einwirkung des Magnets auf Stahl zwar langsamer vor sich geht, daß aber derselbe, einmal magnetisch gemacht, dauernd magnetisch bleibt. Eine gewöhnliche Nähnadel z. B., die wir gegen eine halbe Stunde lang mit einem Magnete in Berührung gelassen haben, fährt, wenngleich längst wieder von demselben getrennt, fort, Eisenfeile anzuziehen, und sich, an einen Faden aufgehängt, von Mittag nach Mitternacht zu richten. Ganz anders verhält sich zu einem Magnete weiches Eisen.

Fig. 216.



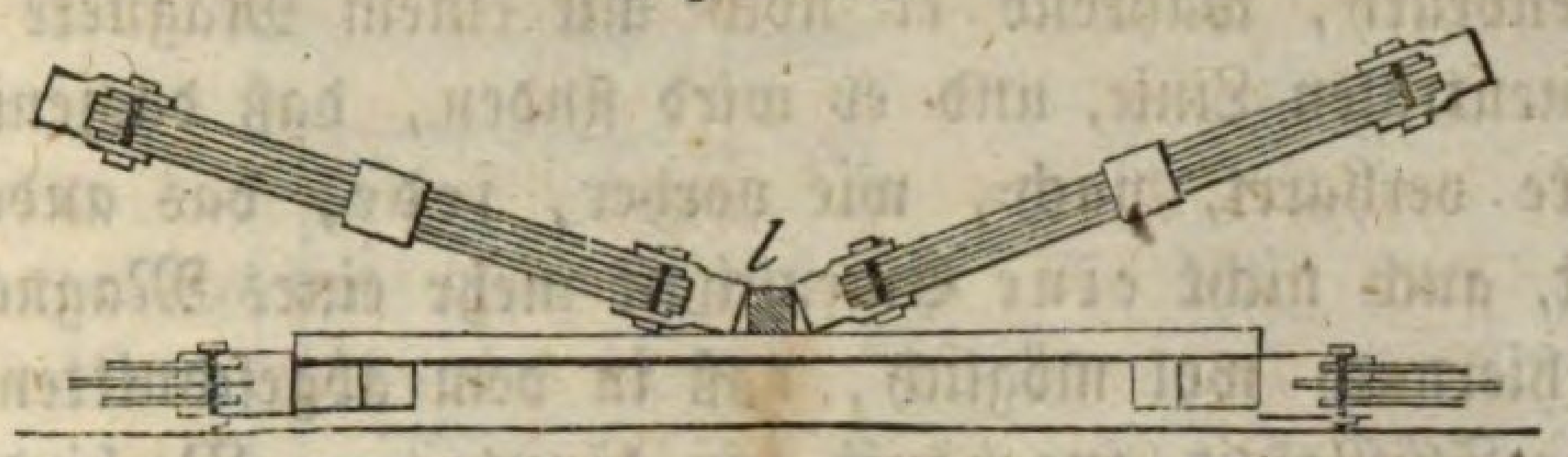
Die Erfahrung, daß Eisen und weicher Stahl nur unter fortdauernder Einwirkung eines Magnets sich magnetisch zeigen, nachher aber alle ihnen mitgetheilte Kraft wieder verlieren, nöthigt uns, zur Verfertigung künstlicher Magnete blos gehärteten Stahl zu nehmen. Ueber die Art und den Grad der Härtung sind die Künstler verschiedener Meinung. Stahlnadeln, die vollkommen gehärtet und bis zur strohgelben Farbe angelassen, oder, noch besser, aus der Weißglühhitze in siedendem Leinöl abgelöscht worden sind, haben sich bis jetzt, ungeachtet sie den Magnetismus schwer annehmen, am besten bewährt.

Dieser Streifen Stahl ist noch gänzlich unmagnetisch; denn auch nicht ein Eisentheilchen haftet an ihm. Ich setze nun auf seine Mitte den einen Pol meines hufeisenförmigen Magnets, beispielsweise den Nordpol, und zwar unter einem Winkel von 10 bis 15 Graden; ziehe ihn, während ich zugleich einigen Druck ausübe, zu wiederholten Malen in derselben Richtung bis zu dem einen Ende hin fort; und vergesse nie, ihn, damit die bereits erregte Kraft nicht wieder geschwächt werde, nach jedem Striche auf einem Umwege in die erste Lage zurückzubringen. Hierauf mache ich mit dem Südpol auf der zweiten Hälfte des Stahlstreifens eine gleich große Anzahl Striche der beschriebenen Art. Indem ich endlich den Stahlstreifen mit feiner Eisenfeile umgebe, nehmen wir seine magnetische Anziehungskraft wahr; ja, es thut sich uns in den großen Bärten an den beiden Enden selbst seine Polarität aufs schönste kund.

Auf eine noch schnellere, zugleich wirksamere Weise, als durch mein jetziges Verfahren, den sogenannten einfachen Strich, läßt sich die in Rede stehende

Kraft durch 2 Magnete einem Stahlstabe mittheilen. Diese Methode führt den Namen Doppelstrich. Bei ihr legen wir den Stab oder Streifen so zwischen 2 starke Magnetbündel, daß die ungleichnamigen Pole einander zugekehrt sind (Fig. 217). Dann nimmt man die beiden Strichmagnete, und zwar den einen in die rechte, den andern in die linke Hand (es reicht übrigens auch ein Magnet aus, wenn er nämlich nach Art eines Hufeisens gekrümmt ist), setzt sie auf die Mitte des zu magnetisirenden Stabes, und bringt zwischen ihre untern Enden, damit diese stets etwas von einander entfernt bleiben, ein Stückchen von Holz, Messing oder Blei, *l*. Nun streicht man langsam bis an das eine Ende des Stabes, und dann, ohne aber die Magnete aufzuheben, bis an das zweite desselben hin, wiederholt Dies öfter, und verabsäumt zuletzt nicht, die Magnete an der Stelle aufzuheben, wo man sie niedergesetzt hat. Der Doppelstrich giebt zwar einen starken Magnetismus; allein er darf, weil er leicht Folgepunkte, oder doch fast immer Pole von ungleicher Stärke veranlaßt, zum Magnetisiren solcher Nadeln und Stäbe, welche zu genauen Untersuchungen dienen sollen, nicht angewandt werden. — Merket!

Fig. 217.



»1. Bei jeder Erregungsart der magnetischen Kraft bilden diejenigen Stellen, welche einander zuletzt berühren, freundschaftliche oder ungleichnamige Pole.« Bei dem hierher gehörigen Prüfungsgeschäfte ist weiter nichts nöthig, als daß man die mit dem Nord- oder dem Südpole gestrichene Hälfte des Stahlstreifens noch kenne, und daß man den letztern auf einer Unterlage von Holz oder Kork in einer Schüssel mit Wasser so lange umherschwimmen lasse, bis das Schifflein stillsteht. An ungedrehten Seidenfäden aufgehängt, wird der Stahlstreifen gleichfalls das Ende, in welchem der Nordpol den Magnetismus erregt hat, nach Süden, und das andere, mit dem Südpol gestrichene, nach Norden richten.

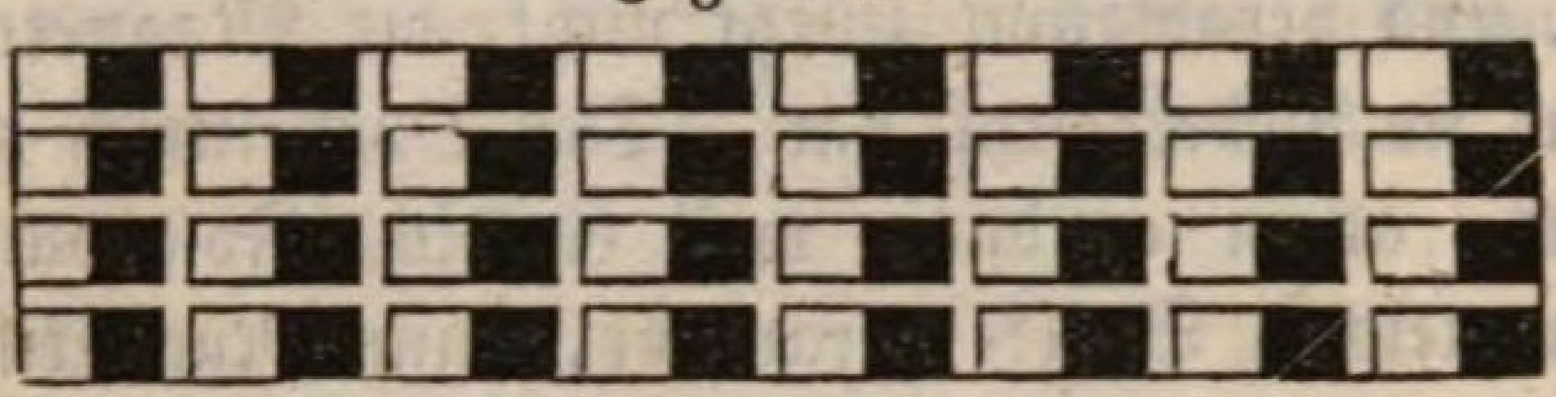
»2. Der Magnet verliert bei einem regelmäßigen Streichen wenig, ja wahrscheinlich gar nichts an Kraft.« Wir können daher, auch wenn wir nur einen Körper dieser Art besitzen, so viel Stahlstäbe magnetisch machen, als wir wollen, und uns so, indem wir diese mit einander verbinden, einen starken zusammengesetzten Magnet verschaffen.

»3. Die wichtigen Umstände, welche ich unter Nr. 1 und 2 erwähnt habe, leiten uns fast unwillkürlich auf den Gedanken, daß der Magnetismus in Eisen und Stahl ursprünglich, freilich aber im gebundenen Zustande, vorhanden sein müsse, und daß folglich der Magnet bei einer jeden Magnetisirung nur als Erreger der schlummernden Kraft angesehen werden könne.« Da wir nun aber 2 einander entgegengesetzte magnetische Kräfte kennen gelernt haben; so müssen wir auch 2 magnetische Flüssigkeiten annehmen, von denen die eine an dem einen Pole, die andere an dem entgegengesetzten vorherrscht. Ob übrigens unser Gedanke ein richtiger ist, dürften wir wol nie mit völliger Gewißheit erfahren; wir halten ihn aber dennoch fest, weil er es uns möglich

macht, die verschiedenen magnetischen Erscheinungen unter einem Gesichtspunkte zu vereinigen.

»4. Wie die magnetischen Flüssigkeiten nicht von einem Magnete auf das Eisen übergehen, so auch nicht von dem **einen** Moleküle des Eisens auf das benachbarte.« Wer sich hiervon überzeugen will, durchschneide einen Eisendrath, während er noch mit einem Magnete in Berührung ist, nach seiner neutralen Linie, und er wird finden, daß dasjenige Stück, welches am Magnete verharrt, nach-, wie vorher, jede, das andere aber, welches er getrennt hat, auch nicht eine Eigenschaft mehr eines Magnets offenbart. »Wie wäre es hiernach wol möglich, daß in dem abgeschnittenen Stükke die eine magnetische Flüssigkeit angehäuft sein könnte?« Verbinden wir mit dem Allen noch die Vorstellung, daß die magnetischen Flüssigkeiten zwar nicht von dem einen Molekül zu dem andern übergehen, aber in jedem Molekül für sich, etwa so, wie es die hier beigefügte 218te Figur zeigt, getrennt werden können (die gleichartige magnetische Flüssigkeit ist in jedem Theilchen nach derselben Seite gekehrt); so dürften wol so ziemlich alle Widersprüche, in welche uns die Erscheinungen der magnetischen Vertheilung verwikkeln, gehoben sein. Nach dieser Ansicht müßten wir offenbar die Moleküle selbst theilen, wenn wir die beiden magnetischen Flüssigkeiten isolirt darstellen wollten.

Fig. 218.



»5. Bevor ich zeige, wie die Kraft der Magnete nicht nur erhalten, sondern auch vergrößert werden könne, merken wir uns, daß alle hierher gehörigen Mittel den Namen **Armaturen** führen; daß ferner die Kraft eines bewaffneten Magnets im Vergleich zu der eines unbewaffneten meist auffallend groß ist; daß endlich jedes Stück weiches Eisen, welches wir mit einem Magnete, um ihn selbst durch die in jenem Eisen hervorgerufene magnetische Zersetzung thätig zu erhalten, in Berührung bringen, eine Armatur bildet.« Wie leicht wir übrigens zu bewaffneten Magneten kommen können, wird uns sofort klar werden.

Ich bewaffne zuvörderst meinen natürlichen Magnet, d. h., ich feile die Pole desselben eben, lege an sie, und zwar ganz dicht, ein Stück weiches Eisen, versehe dieses gerade unter ihnen mit 2 Füßchen und bekleide endlich den übrigen Körper mit einem Messingbleche. Die Theile *l* und *l'* (Fig. 219) heißen die Flügel, *p* und *p'* die Füße der Armatur: erstere sind ungefähr eine Linie dick, und beinahe eben so breit, wie der Magnet selbst; letztere hängen mit Rücksicht auf ihre Ausdehnung allein von der Stärke des Magnets ab.

Hier habe ich ferner mehrere Stahlstäbe in Hufeisenform. Da sie bereits magnetisirt sind; so bleibt mir nur übrig, sie, wie es die hier beigefügte 220ste Figur verlangt, auf einander zu legen, d. h. so, daß sie von dem mittelsten, durch Länge und Stärke ausgezeichneten Stabe auf beiden Seiten treppenförmig und auch recht symmetrisch abnehmen. Zwei Schrauben, *a* und *a'*, mögen sie fest zusammenhalten; ein Ring, *nn'*, diene zum Aufhängen; und ein Stück weiches Eisen, *pp'*, bilde die Armatur. Kaum bedarf es einer Erwäh-

nung, daß wir zu einem solchen bewaffneten Hufeisen-Magnete stets eine gerade Zahl von Stäben zu nehmen haben.

Fig. 219.

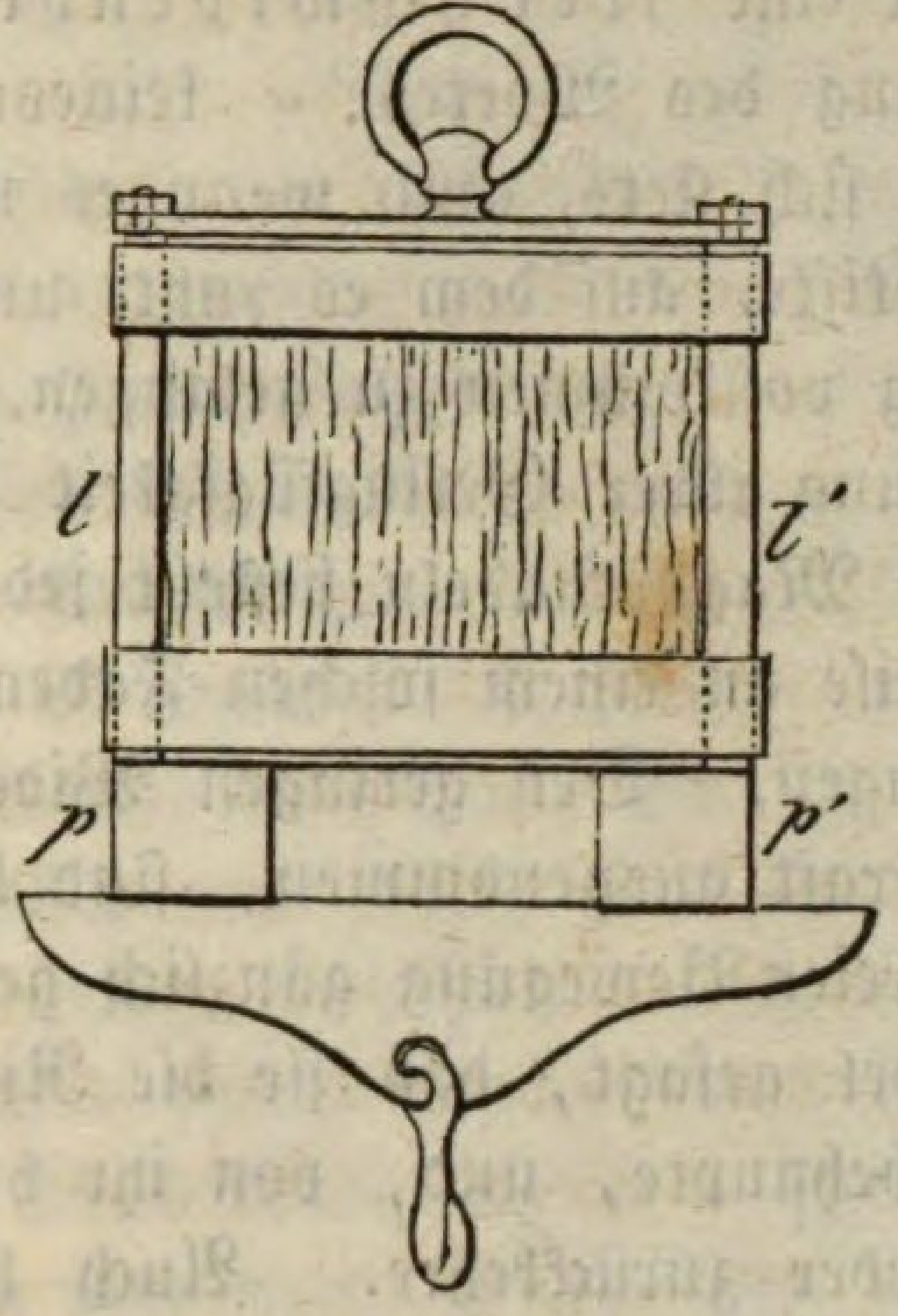
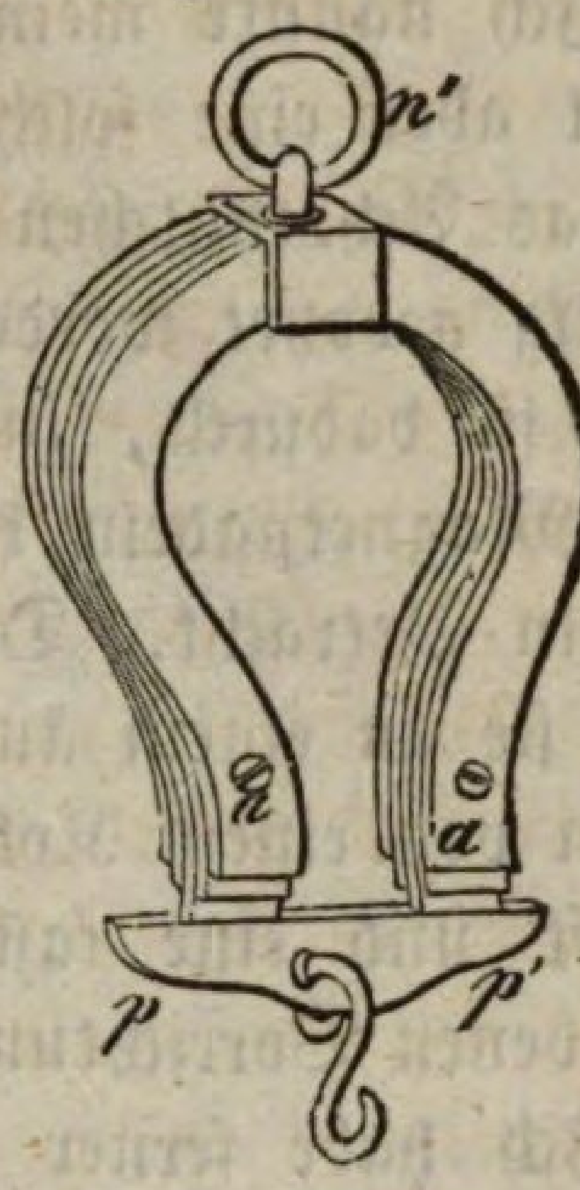
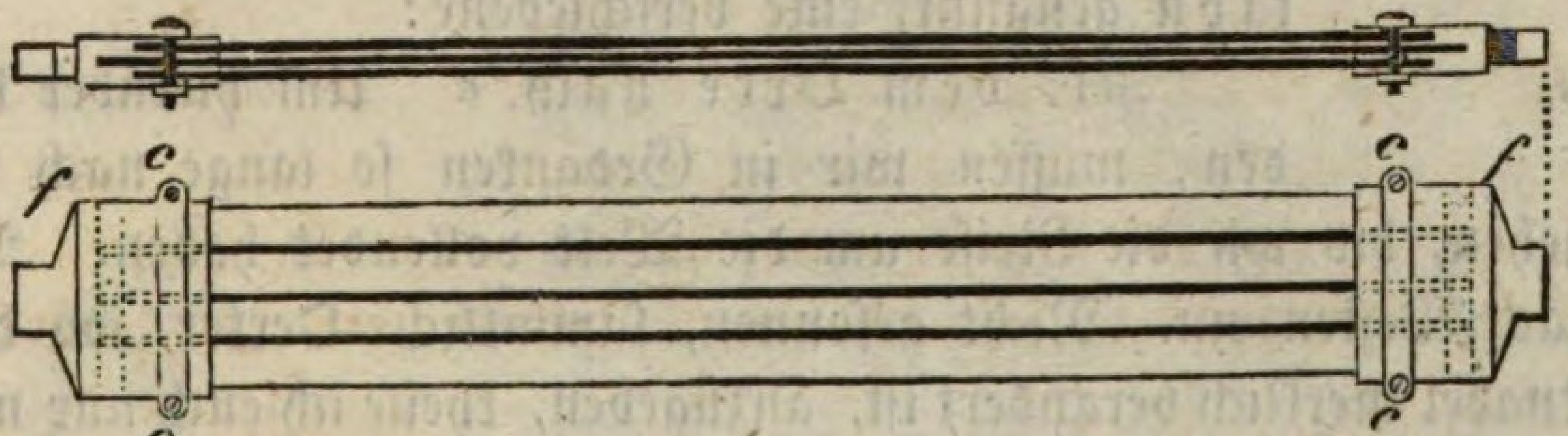


Fig. 220.



Endlich verbinde ich diese 12 geraden Stahlstäbe, welche gleichfalls schon vorher magnetisirt worden sind, zu einem sogenannten magnetischen Magazin, d. h., ich bringe sie auf einander, und zwar beispielsweise so, daß sie 3 Schichten bilden und ihre sämmtlichen Nordpole auf der einen, alle ihre Südpole aber auf der entgegengesetzten Seite liegen. Offenbar muß schon dadurch die Kraft der Anziehung in einem bedeutenden Grade verstärkt sein; zu einem Magazin gehört indeß auf jeder Seite noch ein Stück weiches Eisen (s. auch Fig. 221!), die eigentliche Armatur (die Messingbänder *cc'* haben nur

Fig. 221.



den Zweck, die Stäbe und die Armatur fest zusammenzuhalten). Uebrigens ist es auch so übel nicht, die Enden der Stäbe statt der Stükke *f* durch kleine, etwas hervorragende, aus sehr weichem Eisen bestehende Parallelepipeda von einander zu trennen.

Wie bei den gewöhnlichen, müssen wir uns auch bei den bewaffneten Magneten in Acht nehmen, sie allzu sehr zu beschweren; denn jede Ueberladung hat Schwächung der Kraft zur Folge.

§. 4.

Die Magnetnadel.

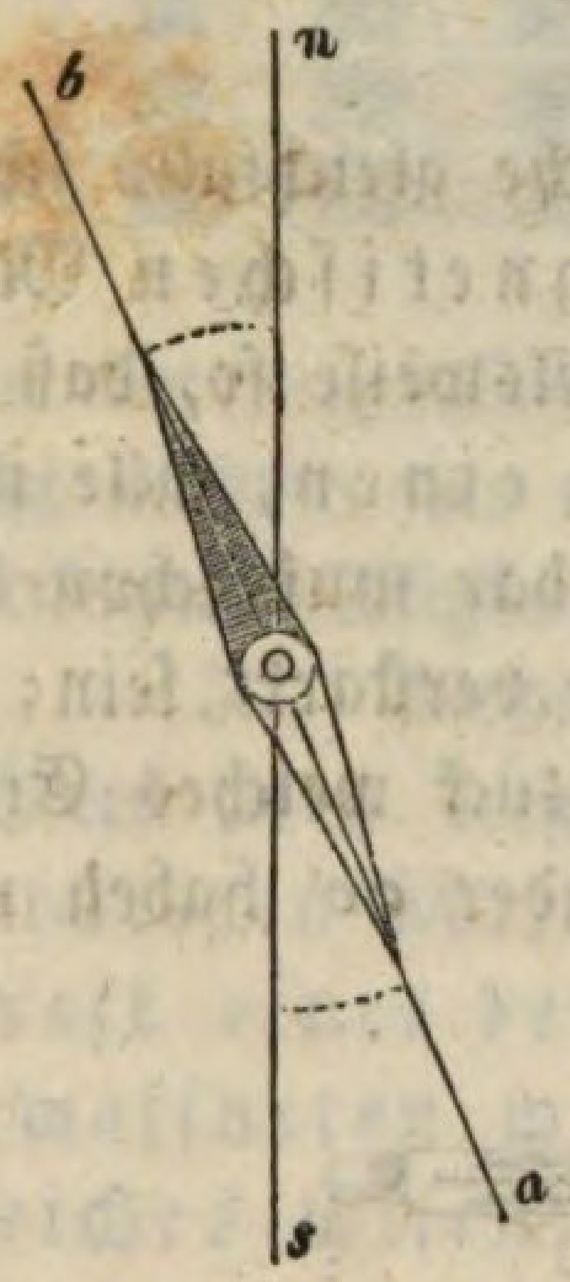
Welcher wichtige Theil die Magnetnadel bei Boussolen, Schiffskompassen und diesen ähnlichen Instrumenten ist, haben wir schon früher gehört; noch

aber wissen wir nicht, wie es mit ihrer Aufstellung, ihrer Neigung gegen den Horizont, ihrer Abweichung von der Mittagslinie und mit ihrer sonstigen Beschaffenheit steht.

Ich nannte meine Magnetnadel zunächst eine frei schwebende; »ist sie wol aber eine solche in der vollen Bedeutung des Wortes?« keinesweges; denn das Achathütchen unter ihrer Mitte reibt sich stets, auch wenn es noch so sorgfältig gebohrt worden ist, an dem feinen Stifte, auf dem es ruht, und verhindert sie dadurch, in die ihr eigene Richtung vollkommen zu gelangen. Bei guten Magnetnadeln kommt indeß jene Reibung ihrer Geringfügigkeit halben wenig in Betracht. Die beste Vorrichtung der Magnetnadeln besteht jedenfalls darin, sie an einem äußerst feinen, beispielsweise an einem solchen Faden, wie wir ihn von einem Kokon abwickeln, aufzuhängen. Den geringen Widerstand der Luft und eine fast unmerkliche Drehungskraft ausgenommen, sind bei der beschriebenen Vorrichtung alle Hindernisse der freien Bewegung gänzlich gehoben.

Ich habe ferner von meiner Magnetnadel gesagt, daß sie die Richtung von Norden nach Süden behaupte, und, von ihr hinweggebracht, stets in sie wieder zurückkehre. Auch hiermit verhält es sich etwas anders. Ziehet nur auf einem Tische eine Linie, die genau von Süden nach Norden zeigt, *sn* (Fig. 222), und untersuchet dann, ob die Richtung der horizontalen Magnetnadel, *ab*, mit jener Linie zusammenfalle, oder nicht! Schon ein oberflächlicher Blick macht euch mit ihrer westlichen Abweichung bekannt. Prüfet ihr vermittels eines Transporteurs die Abweichung näher; so werdet ihr finden, daß der Winkel, den die Nadel mit der astronomischen Mittagslinie bildet, etwa 18 Grad beträgt. Es ist aber diese Abweichung, gewöhnlich die Declination genannt, eine verschiedene:

Fig. 222.



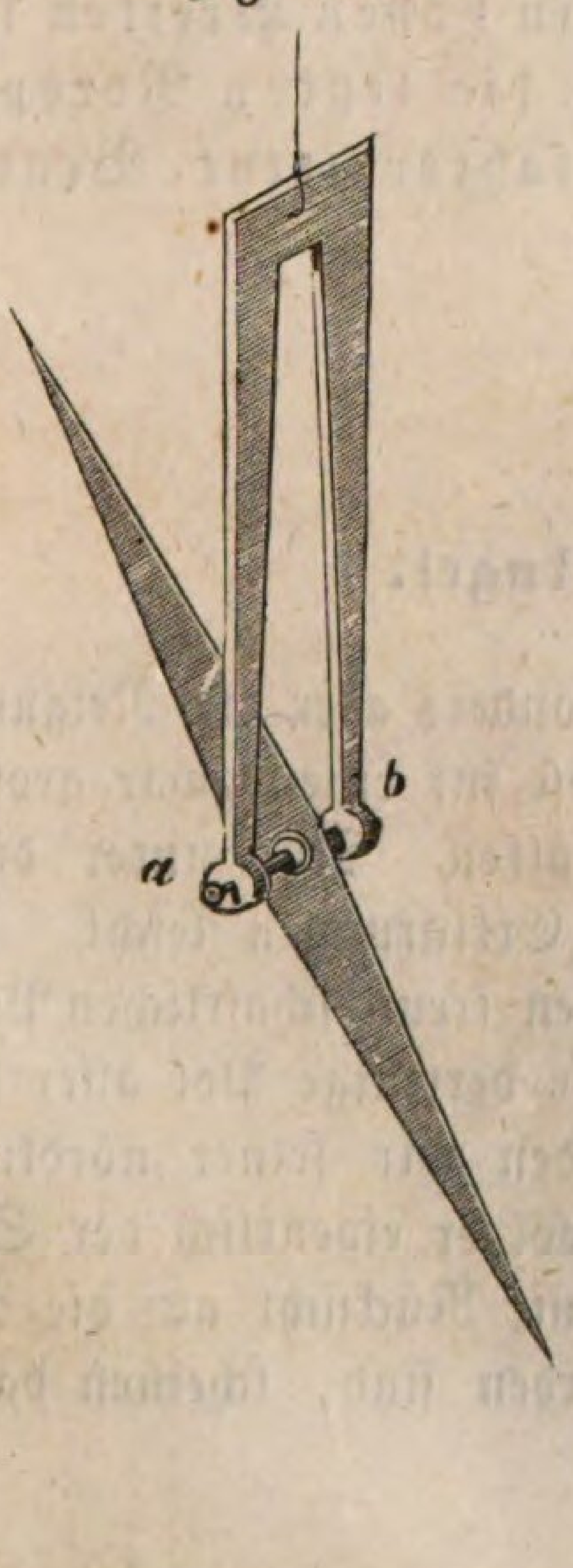
»1. dem Orte nach.« Um hierüber klar zu werden, müssen wir in Gedanken so lange nach Westen oder Osten fortgehen, bis wir die Reise um die Welt vollendet haben. Wir schlagen den Weg nach Westen ein. Nicht gesonnen, sämmtliche Oerter, wo die Richtung der Magnetnadel merklich verändert ist, anzugeben, theile ich euch nur mit, daß wir die Abweichung anfangs, wenigstens auf den ersten 100 Meilen, noch wachsen, dann aber, wenn der sie bezeichnende Winkel die Größe von 19 bis 20 Graden erreicht hat, abnehmen sehen. Endlich fallen der magnetische und der astronomische Meridian zum ersten Male zusammen. Der Strich, auf dem Dies der Fall, also die Abweichung Null ist, geht durch die nördliche Hälfte Amerika's, berührt in südöstlicher Richtung den merikanischen Meerbusen und Brasilien und fällt noch weiter nach unten hin in den atlantischen Ocean. Jenseit desselben weicht die Nadel östlich ab, und zwar immer mehr, bis wir auch dort zu einem Declinations-Winkel von 19 bis 20 Graden kommen. Wie indeß jener erste, wird auch dieser zweite Winkel wieder kleiner. Der Strich, auf dem er ganz verschwunden ist, geht von Norden nach Süden mitten durch Asien und den südlichen Ocean. Ueber ihn hinaus tritt von Neuem die westliche Abweichung ein. Hätten wir, anstatt nach Morgen oder Abend fortzugehen, den Weg nach Mitternacht mit etwas westlicher, oder nach Mittag mit etwas östlicher Rich-

tung eingeschlagen; so würde in der Lage der Magnetnadel fast gar keine Veränderung eingetreten sein.

»2. der Zeit nach.« Dürfen wir anders den Beobachtungen glauben, welche über die Abweichung der Magnetnadel in frühern Jahrhunderten gemacht worden sind; so sind die Oerter, wo jetzt das wunderbare Instrument genau nach Mittag oder Mitternacht zeigt, nicht immer dieselben gewesen. Jener erste, den größten Theil Amerika's durchschneidende Strich soll z. B. im siebzehnten Jahrhunderte durch die Mitte von Europa gegangen sein und sich seit jener Zeit mit westlicher Bewegung von uns immer mehr entfernt haben. Es ändert sich übrigens die Declination selbst mit dem Wechsel der Jahreszeiten; ja, sie ist sogar in der einen Stunde nicht so groß, als in der andern. Die Beobachtung aller dieser Veränderungen, welche bald zufällig und plötzlich, bald regelmäßig und periodisch eintreten, erfordert sehr genaue Instrumente, deren Beschreibung nicht hierher gehört.

Wir haben die Magnetnadel noch von einer andern Seite kennen zu lernen. Man denke sich einen schmalen Streifen Stahl, der, ehe der Magnetismus in ihm erregt worden ist, genau wagerecht schwebt, dem ferner auf beiden Hälften gleich viel Striche mitgetheilt werden, und der endlich auf einem feinen Stifte, seinem Unterstützungspunkte, ruht! und es wird uns nicht wenig überraschen, daß er nach der Magnetisirung das frühere Gleichgewicht verloren hat, und daß sich in unsern Gegenden das nördliche Ende desselben bedeutend gegen den Horizont neigt. Wir nennen diese neue Eigenschaft der Nadel ihre Neigung oder Inclination. Hält es schon schwer, eine Abweichungsnadel so aufzustellen, daß fast jede Reibung verschwindet; so giebt es der Hindernisse, auf die wir bei dem Gebrauche einer Neigungsnadel stoßen, noch ungleich größere, ja selbst solche, die wir kaum zu beseitigen vermögen. Vielleicht noch am besten geeignet, die Inclination der Magnetnadel darzustellen, ist derjenige Apparat, welchen wir in dem hier beigefügten Bilde (Fig. 223) erblikken. Man achte bei ihm vorzugsweise auf die horizontale, sehr leicht bewegliche Achse *ab*! Wie diese einerseits durch den Schwerpunkt einer Magnetnadel geht, steht sie andererseits mit einem Messingrahmen, der an einem Faden aufgehängt ist, in Verbindung, und gestattet eben dadurch der Magnetnadel, sich so zu drehen, wie es irgend eine auf sie wirkende Kraft verlangt. Vorausgesetzt, wir besäßen einen solchen Apparat und gingen mit demselben zunächst immer weiter nach Norden fort; so würden wir auch die Neigung fast ununterbrochen im Wachsen begriffen sehen, und gar bald den Gedanken fassen, daß es in der Nähe des Nordpols einen Punkt geben müsse, wo die Nadel auf die Erd-Oberfläche senkrecht zu stehen kommt. Bei uns beträgt der Neigungswinkel gegen 68 Grad. Um ihn bis auf die Größe von 80 Graden zu bringen, müßten

Fig. 223.



wir entweder nach Spitzbergen, oder bis in den südlichen Theil der Hudsonsbai reisen. Schon Parry beobachtete eine Neigung von 88 Graden und 30 Minuten, und befand sich also nicht mehr weit von einem der Punkte, wo die Erd-Oberfläche von der Magnetnadel senkrecht getroffen wird. Diesen Punkt erreichte endlich im Jahre 1831 bei der Reise seines Oheims, des Kapitäns John Roß, James Roß, und zwar unter 70°5′ nördlicher Breite und 280°54, östlicher Länge. — Auf der Reise nach Süden hin sind die Veränderungen in der Inclination der Magnetnadel ungleich reichhaltiger. Bei ihr erfahren wir: 1. daß die Inclination anfangs immer mehr abnimmt; 2. daß sich zwischen den Wendekreisen ein Erdgürtel findet, auf dem die Magnetnadel genau wagerecht schwebt, mithin gar keine Neigung zeigt; 3. daß über diesen Gürtel hinaus, welchen man den magnetischen Aequator nennt, die südliche Neigung desto mehr zunimmt, je weiter wir den eingeschlagenen Weg verfolgen; endlich 4. daß auch auf jener Erdhälfte ein Punkt vorhanden sein müsse, wo die Nadel mit allen Linien, die durch ihren untersten Punkt über die Erde gezogen werden, Rechtwinkel bildet. Dieser Punkt ist bis jetzt noch nicht entdeckt worden. Wir wir uns übrigens alle hier bezeichneten Erscheinungen der Magnetnadel zu erklären haben, lehrt der folgende Paragraph; für jetzt merken wir uns nur noch:

»1. Der magnetische Aequator ist kein Kreis, sondern eine Curve von doppelter Krümmung und vielen Biegungen; er hat ferner mit dem Erd-Aequator 2 Durchschnittspunkte; die größte südliche Breite erreicht er im atlantischen Ocean, etwa 28° westlich von Paris.«

»2. Die Inclination verändert sich eben so, wie die Declination, im Laufe der Zeit; jene beiden Durchschnittspunkte rükken nun schon seit einigen Jahrhunderten in der Richtung von Osten nach Westen fort.«

»3. Da die Neigung der Magnetnadel in hohen Breiten sehr groß ist, so verliert daselst der Kompaß, wie die letzten Nordpol-Expeditionen gezeigt haben, für die Seefahrer seine Brauchbarkeit.«

§. 5.

Der Magnetismus der Erdkugel.

Die Erscheinungen, welche beiderlei Nadeln, besonders aber die Neigungsnadeln, zeigen, nöthigen uns, die ganze Erdkugel selbst für einen zwar großen, verhältnißmäßig aber nur schwachen Magnet zu halten. Nur unter dieser Voraussetzung werden uns alle hierher gehörigen Erklärungen leicht. Die Pole der Magnetnadeln wenden sich offenbar nach den freundschaftlichen Polen des Erdmagnets hin; es kehrt sich also beispielsweise derjenige Pol aller kleinen Magnete dem Nordpole des Erdmagnets zu, den wir seiner nördlichen Richtung wegen gleichfalls den Nordpol nennen, obwol er eigentlich der Südpol heißen sollte. Die Veränderungen, welche uns mit Rücksicht auf die Neigung und die Abweichung der Nadel bekannt geworden sind, scheinen davon

herzurühren, daß die Achse des Erdmagnets nicht immer dieselbe Richtung beibehält. Die jährlichen und die täglichen Veränderungen der Magnetnadel schreiben die Meisten dem Einflusse des Temperatur-Wechsels zu.

Zu den schlagendsten Beweisen für den Magnetismus der Erdkugel gehört besonders die Erfahrung, daß 2 bis 3 Fuß lange Eisenstäbe, lothrecht, oder, was jedenfalls vorzuziehen ist, in der Richtung der Inclinations-Nadel aufgehängt und so der freien Luft ausgesetzt, von selbst magnetisch werden; ihr oberes Ende bildet, wie uns jede empfindliche Magnetnadel zeigt, den Nord-, ihr unteres den Südpol. Giebt man solchen Stäben einige Schläge mit einem Hammer; so verbleibt ihnen der Magnetismus auch dann, wenn man sie dem Einflusse der Erde entzieht. So kann es uns denn nicht mehr befremden, daß allerlei eiserne Instrumente, unter andern die in der Werkstatt eines Schlossers, allmälig Eisenfeile anziehen, magnetische Pole und eine neutrale Mittellinie bekommen. Wol sämmtliche Kirchenkreuze nehmen allmälig, weil die Luft über sie fast ununterbrochen hinwegstreicht, an den magnetischen Eigenschaften Theil.

Neunter Abschnitt.

Die Elektricität.

---

§. 1.

Vorläufige Andeutungen über die wichtigsten Eigenschaften der Elektricität.

So wenig Bemerkenswerthes eine Glasröhre und eine Stange Siegellack immerhin an sich tragen mögen; so reichen sie doch aus, uns mit einer der mächtigsten, wunderbarsten Naturkräfte vorläufig etwas bekannt zu machen. Ich reibe nun zuvörderst auf dem einen Aermel meines Tuchrokkes die Stange Siegellack, bringe sie in die Nähe leichter Dinge von verschiedener Beschaffenheit, und sehe, wie hier Goldflitter und Papierschnitzel, dort Strohhälmchen und Sandkörnlein zu ihr hinfliegen; wie ferner einige dieser Körperchen an ihr sitzen bleiben, hingegen andere auf ihre vorige Stelle zurückkehren. Noch mehr erfreut uns die Glasröhre, wenn ich sie etwa vermittels eines trokkenen Katzenfelles gerieben habe, durch den beschriebenen räthselhaften Tanz. Kaum haben die Goldflitter, Papierschnitzel, Sandkörnlein u. s. w. sie berührt, so eilen sie auch schon dem zinnernen Teller, ihrer Unterlage, wieder zu; kaum sind sie hier angelangt, so werden sie von dem geriebenen Körper zum zweiten Mal angezogen u. s. w. Mit Rücksicht auf diese Erscheinungen haben wir uns namentlich 3 Punkte wohl zu merken:

»1. Nicht nur Glas und Siegellack, sondern auch Schwefel, Bernstein, Gutta-Percha, kurz alle Körper, erhalten, nach voriger Weise gerieben, die wunderbare Kraft, verschiedene Gegenstände anzuziehen und wieder abzustoßen;« — »also auch Metalle, Wasser und Kohle?« allerdings; warum indeß diese Körper, wenngleich wir sie ganz nach Vorschrift behandelt haben, jene Kraft selbst nicht im geringsten offenbaren, wird uns der nächstfolgende Paragraph genügend kennen lehren.

»2. Alles, was wir bisher über die Anziehung und Abstoßung obiger Art gesehen und gehört haben, war den Menschen schon 600 Jahre v. Chr. bekannt;« sie experimentirten jedoch nur vermit-

tels des Bernsteins, eines röthlichgelben, mehr oder weniger durchsichtigen, noch heut an den Ufern der Ostsee reichlich vorkommenden Erdharzes. Nicht ahnend, daß hier eine Kraft thätig ist, deren furchtbare Größe sich uns im Gewitter zeigt, und deren Wirkungen überall von der größten Wichtigkeit sind, hielten sie es kaum der Mühe werth, noch bei andern Körpern zu prüfen, ob auch diesen die Eigenschaft des Bernsteines zukomme, oder nicht. So blieb denn die Welt einige Jahrtausende über eine der vornehmsten Naturkräfte in gänzlicher Unkenntniß. Erst zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts fingen geistreiche Männer an, dem bezeichneten Gegenstande mehr Aufmerksamkeit zu schenken, und entdeckten nicht nur, daß gar verschiedene Körper, falls sie gerieben worden sind, jene Anziehungs- und Abstoßungskraft besitzen, sondern auch noch so manches Andere, was ihre Bewunderung in einem eben so hohen Grade rege machte.

»3. Wir nennen die neue Kraft **Elektricität**.« Der etwas befremdende, auch sehr einseitig gewählte Name ist von dem Worte Elektron, welches bei den Griechen den Bernstein bezeichnet, abgeleitet.

Nachdem ich die Glasröhre von Neuem stark gerieben, oder in derselben, wie ich mich von nun an gewöhnlich ausdrükken werde, die Elektricität hervorgerufen habe, nähere ich ihr die Stirn, und es ist mir dabei fast ganz so, als ob Jemand über mein Gesicht ein Spinngewebe ausgebreitet hätte. Zugleich empfinde ich einen schwefel- oder phosphorartigen Geruch. Indem ich ferner mit dem Knöchel eines meiner Finger bald an diesen, bald an jenen Punkt der Glasröhre tippe, sprühen ihm deutlich bemerkbare, einen unbedeutenden stechenden Schmerz verursachende Funken entgegen. Gerade in ihnen liegt die wichtigste Eigenschaft der Elektricität. Wie wir die Elektricität selbst schmekken können, werden uns später anzustellende Versuche zeigen. Wähnet übrigens nicht, daß wir, um die Elektricität zu erregen, stets 2 Flächen an einander reiben müssen! denn es giebt noch so manches andere Mittel, z. B. das gegenseitige Berühren verschiedener Metalle, die Veränderung des Drukkes, der Temperatur u. s. w., das uns gleichfalls unsere Absicht erreichen läßt.

§. 2.

Die Leiter und die Nichtleiter der Elektricität.

Ich reibe jetzt eine Röhre von Metall an einem trokkenen Katzenfelle; allein der Erfolg entspricht meinen Erwartungen nicht. Wohin ich nämlich das Korkkügelchen, welches ich an einen leinenen Faden geknüpft habe, auch wenden möge; überall nehme ich selbst nicht die geringste Spur von Elektricität wahr. So scheint es denn, als hätten die frühern Physiker vollkommen Recht, welche die Metalle, das Wasser, die Kohle, den menschlichen Leib u. s. w. für unfähig hielten, durch Reiben oder irgend ein anderes Mittel elektrisch zu werden, und, auf die Erfolge ihrer mangelhaften Experimente sich stützend, sämmtliche Körper in elektrische und unelektrische oder in idioelektrische und anelektrische theilten. Allein ihre Behauptungen sind grundfalsch, also gänzlich zu verwerfen.

Zunächst errege ich in meiner Glasröhre noch ein Mal die Elektricität. Indem ich sie hierauf an mehrern Punkten ihrer Oberfläche berühre, nehme ich überall einen stechenden Funken wahr, und lerne mithin kennen, daß Glas nur an demjenigen Theile, welchen ich unmittelbar antippe, die Elektricität fahren läßt. — Hier lege ich ferner auf einen Harzkuchen eine runde Scheibe von Metall. Sie ist bereits elektrisch. Und sehet! bei ihr verschwindet augenblicklich, wenn ich sie berühre, alle Elektricität; ja, auch nicht ein Punkt ihrer Oberfläche hält die wunderbare Materie zurück. Hätte ich die Glasröhre blos an dem einen Ende gerieben, so würde sie auch nur dort elektrisch geworden sein. Gerade umgekehrt verhält es sich mit einer Röhre, Scheibe u. s. w. von Metall. Meine Versuche lehren hauptsächlich: »es giebt 1. solche Körper, denen die Fähigkeit, die Elektricität festzuhalten, abgeht; und 2. andere, welche mit ihr begabt worden sind: jene heißen **Leiter**, diese **Nichtleiter** der Elektricität.« Alle Metalle, Wasser und Dämpfe, gut ausgebrannte Kohlen, die Körper der Thiere und Menschen, der Rauch, die Flamme u. s. w. gehören der ersten großen Klasse an, gestatten also der Elektricität einen freien Durchgang; Harz, Schwefel, Gutta-Percha, Siegellack, Bernstein, Glas, Seide, Wolle, Haare, Federn, trokkene Luft u. s. w. bilden die zweite große Klasse, halten mithin die Elektricität in ihrem Fortgange auf.

Verhindert, jeden hierher gehörigen Versuch selbst anzustellen, fasse ich das Wichtigste Dessen, was allmälig über die Leiter und die Nichtleiter der Elektricität ermittelt worden ist, in nachstehende 4 Punkte zusammen:

»1. Es ist unmöglich, zwischen Leitern und Nichtleitern eine scharfe Grenze zu ziehen; ja, es unterscheiden sich wahrscheinlich die Körper mit Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen nur durch den größern oder geringern Widerstand, den sie der Bewegung der Elektricität entgegensetzen.« Je schwächer dieser Widerstand, desto besser der Leiter, — je stärker, desto schlechter. Absolute Leiter und Nichtleiter giebt es nicht. Sehr gute Leiter sind: Metalle, Wasser, Kohle und Graphit; weniger gute: Pflanzen und Thiere; fast schlechte: Holz, Papier, Knochen, Marmor u. s. w. Letztere werden wol auch Halbleiter der Elektricität genannt.

»2. Unter mehrern andern Ursachen ist es vorzugsweise die Wärme, welche in dem Leitungsvermögen fester Körper bedeutende Veränderungen hervorruft.« So halten z. B. Glas, Harz, Wachs, Seife u. s. w., so lange sie fest sind, die Elektricität in deren Fortgange auf; hingegen, flüssig gemacht, treten sie in die Reihe der besten Leiter ein.

»3. Stehen der Elektricität 2 oder mehrere Wege offen; so schlägt sie denjenigen Weg ein, der ihr entweder die beste, oder die kürzeste Leitung darbietet.« Die schönsten Beweise hierzu liefert die Luft-Elektricität.

»4. Von einem Gegenstande, welcher mit der sichtbaren Körperwelt nur durch Nichtleiter verbunden ist, sagen wir, daß er **isolirt** sei.« Die gewöhnlichste Art, einen Körper zu isoliren, besteht darin, daß wir ihm eine Unterlage von Glas oder Harz geben, oder ihn an seidenen

Fäden und Schnüren aufhängen. Unsere Isolir-Geräthschaft ist einem niedrigen Schemel ohne Lehne ähnlich: der Sitz derselben besteht aus trokkenem, mit einem Firnißanstriche versehenem Holze; die Füße sind aus dikkem, sehr standhaftem Glase gemacht. Glas, Schellack, Seide, trokkene Luft u. s. w. sind vortreffliche Isolatoren.

Daß kein Metallstück, welches mit Leitern in Verbindung steht, selbst wenn es noch so wakker gerieben wird, elektrische Wirkungen zeigt; daß es ferner so schwer hält, irgend einen Glas- oder Harzkörper durch Berührung aller in ihm erregten Elektricität wieder zu berauben; daß endlich selten, wenn die Luft sehr feucht, oder die Stube, in welcher experimentirt wird, mit vielen Menschen angefüllt ist, ein elektrischer Versuch gelingt: über diese und ihnen ähnliche Erscheinungen, deren ihr namentlich bei der Belehrung über das Gewitter mehrere kennen lernen werdet, ertheilt die verschiedene Leitungsfähigkeit der Körper den befriedigendsten Aufschluß. Warum ein Korkkügelchen, das an einem leinenen Faden hängt, von jedem elektrischen Körper festgehalten wird, während es doch, an einen seidenen Faden geknüpft, sogleich, da es antippt, wieder zurückfährt, bedarf nun wol keiner Erörterung.

§. 3.

Die Elektrisir-Maschine.

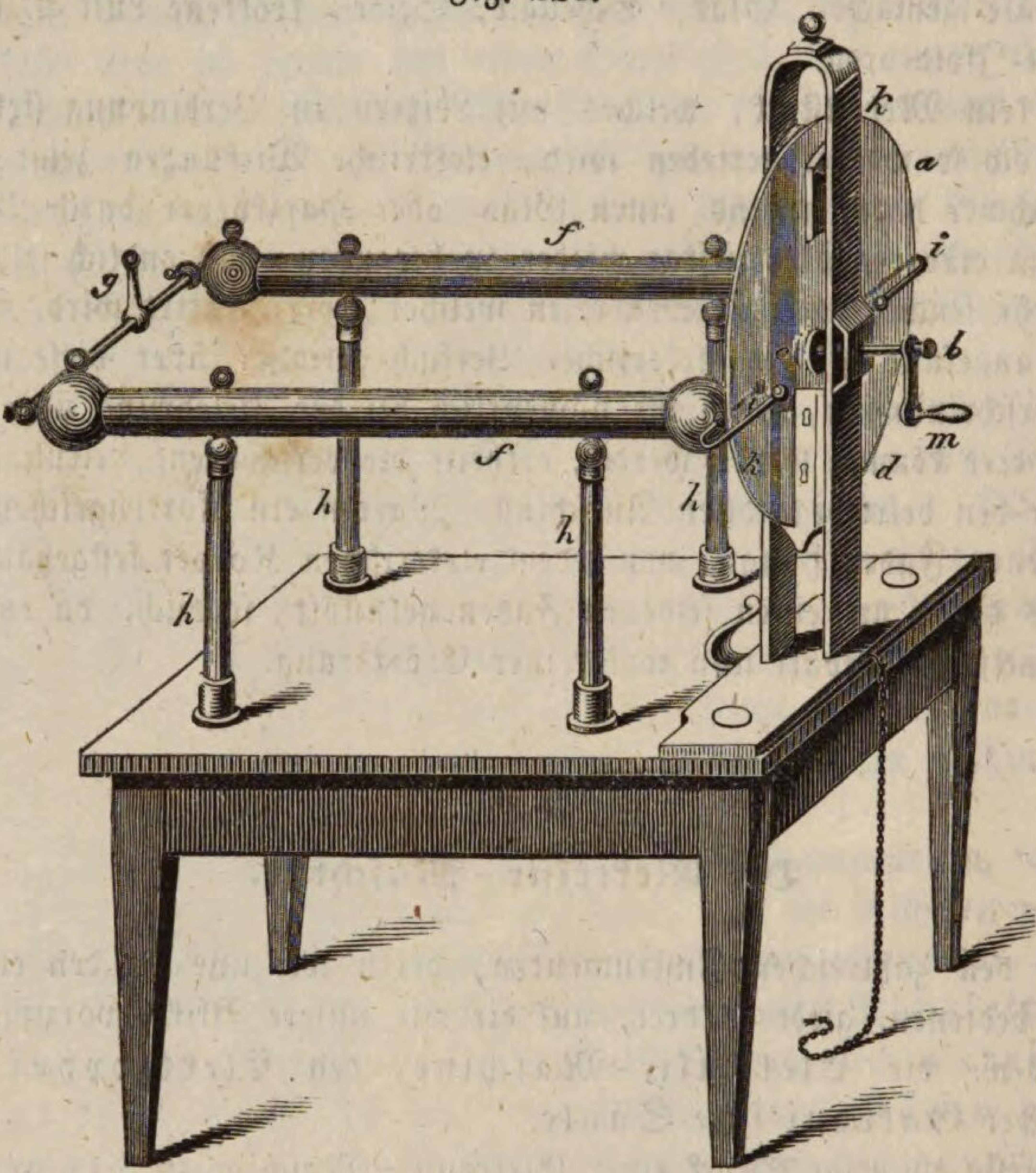
Unter den zahlreichen Instrumenten, deren wir uns bei den elektrischen Versuchen bedienen, giebt es drei, auf die wir unsere Blikke vorzugsweise zu richten haben: die Elektrisir-Maschine, den Elektrophor und die Volta- oder Galvani'sche Säule.

Das erste wichtige Stück einer Elektrisir-Maschine ist der geriebene Körper, hier die Glasscheibe *a* (Fig. 224 a. f. S.). Da mit seiner Größe auch seine Wirkung wächst; so ist es offenbar wünschenswerth, Glasscheiben zu besitzen, deren Durchmesser mindestens 16 bis 20 Zoll beträgt. Die Bestimmung der Achse, von der die Scheibe in ihrer Mitte durchbohrt wird, der Kurbel an dem einen Ende, *b*, wie auch der beiden Pfeiler, *d*, von denen die Scheibe und noch so manches Andere getragen wird, liegt so offen vor uns da, daß sie gewiß nicht erst einer Erläuterung bedarf. Nur die Achse mit der Kurbel macht es uns möglich, die Scheibe zu drehen; auch muß sie, wenn die Elektricität durch sie nicht fortgeleitet werden soll, ein guter Isolator sein. Sie erhält deshalb gewöhnlich noch einen starken Firnißüberzug.

Den zweiten nothwendigen Theil bilden die Kissen *e* und *e'* zu beiden Seiten der Scheibe. Wir verschieden sie auch sonst eingerichtet sein mögen; immer berühren sie, um eine gute, dauerhafte Reibung zu bewirken, jenen ersten Haupttheil dicht und in einer großen Zahl von Punkten. Bei näherer Anschauung finden wir: 1. daß sie aus einer metallnen Grundfläche, einer Menge Kälber- oder Pferdehaare und einem Ueberzuge von feinem Leder bestehen; 2. daß letzteres, damit sie recht viel Elektricität hervorrufen, mit einem trocknen, pulverartigen, aus Zinn, Zink und Quecksilber zusammengesetzten Amalgama überstrichen sind; und 3. daß sie vermittels einer Metallfeder beliebig fest an die Scheibe gedrückt werden können. Ihre Zahl richtet

sich nach der Größe des geriebenen Körpers. Bei der hier abgebildeten Maschine, die schon eine ansehnliche genannt werden kann, finden sich der Kissen

Fig. 224.



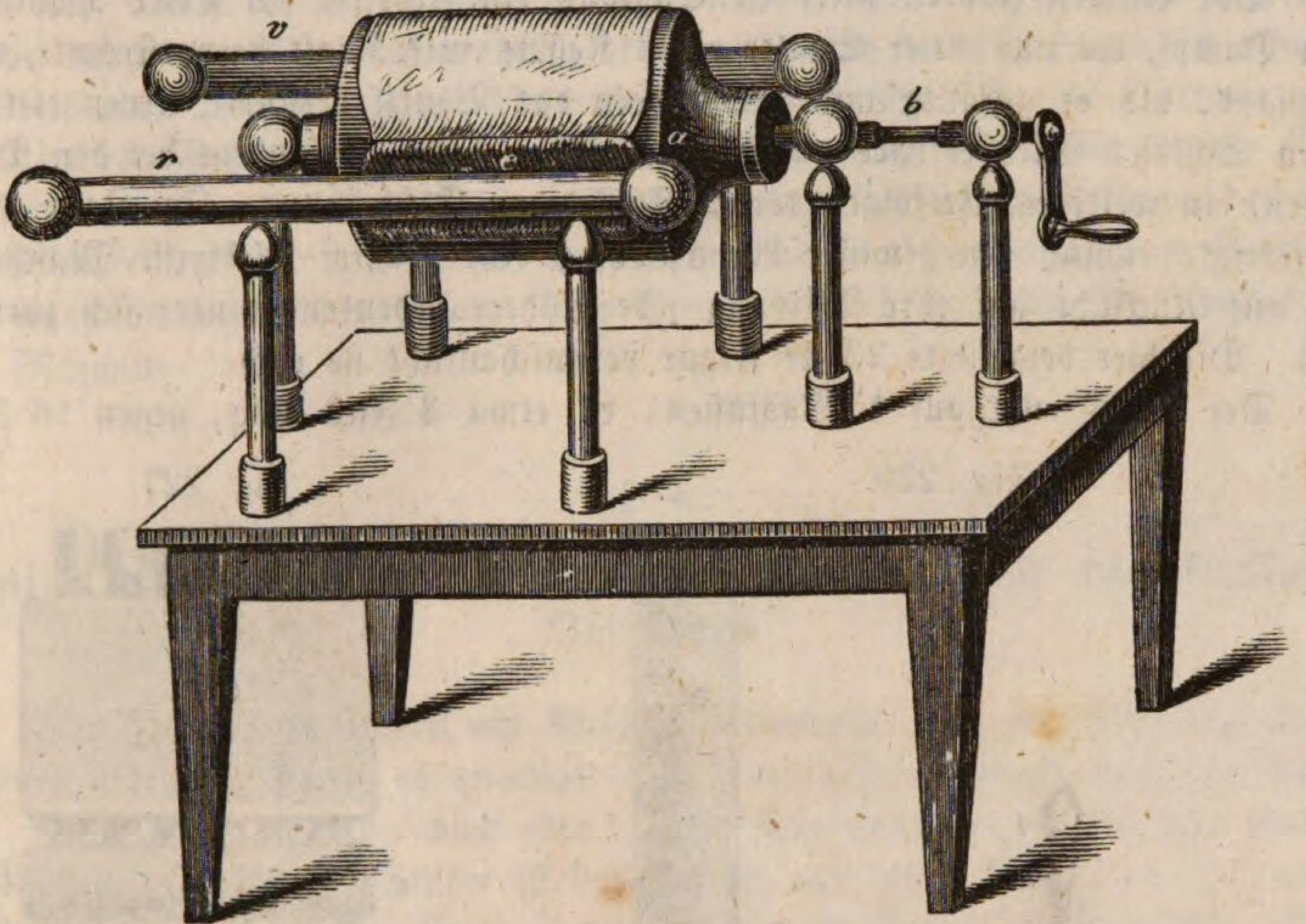
vier; hätte indeß die Scheibe nur etwa anderthalb Fuß im Durchmesser, so genügten zwei vollkommen. Die Stükke Wachstaffet, welche sich, wenn wir die Maschine bewegen, fast augenblicklich an die Scheibe legen, haben den Zweck, dieselbe vor allen nachtheiligen Berührungen zu schützen, d. h., die in ihr erregte Elektricität nicht verloren gehen zu lassen. Weshalb die Kissen eine metallne Grundfläche besitzen, wird euch später gesagt werden.

Als der dritte Haupttheil einer Elektrisir-Maschine gelten **die beiden metallnen Cylinder** *f*, deren gegenseitige Verbindung durch *g* bewerkstelligt ist. Seine Namen sind **Konduktor** und **erster Leiter**. Wie die gläsernen Säulen *h* den Zweck haben, ihn zu isoliren; so die beiden Balken *i*, welche an dem Ende des horizontalen Durchmessers der Scheibe um dieselbe greifen, ihm die hervorgerufene Elektricität zuzuführen. Die beiden Balken *i* sind ferner so vorgerichtet, daß sie, wie gewisse Experimente es nöthig machen, willkürlich abgenommen und wieder angeschraubt werden können. Noch sehen wir von den Pfeilern *d* eine lange Metallkette zur Erde hinabhangen. Der Zweck dieses Nebentheils kann Jedem erst dann einleuchten, wenn er über das Dasein und die gleichzeitige Entwikkelung entgegengesetzter Elektricitäten unterrichtet ist. Uebrigens muß jede Elektrisir-Maschine, die kräftig wirken soll, ganz trokken sein; es ist mithin sehr gut, die Scheibe und sämmtliche Isola-

toren, bevor wir sie gebrauchen, vermittels warmer, wollener Lappen wakker zu reiben.

Hier ist noch eine zweite Elektrisir-Maschine (Fig. 225). Anstatt der

Fig. 225.



großen Scheibe, die vielleicht allein schon 10 Thaler kostet, besitzt sie einen etwa 12 Zoll langen und halb so dikken Cylinder von gewöhnlichem grünen Glase, *a*. Wie der geriebene, zeichnet sich auch der reibende Körper durch Einfachheit aus. Das einzige Kissen, *e*, befindet sich gerade unter *a* und kann an den Glas-Cylinder bald mehr, bald weniger scharf geschraubt werden. Auch ein Stück Taffet ist an die obere Hälfte des Cylinders befestigt. Was uns bei den Konduktoren, *v* und *r*, so schön entgegenleuchtet, ist nur ein dünnes, ihnen gleichsam angezogenes Metallkleid. Sie selbst bestehen aus Holz oder Pappe. Die Säulen ferner, auf denen sie ruhen, wie auch die andern, welche das Reibezeug unterstützen, sind ebenfalls aus gedörrtem Holze gemacht, und, damit sie nicht so leicht feucht werden, vielmehr die beiden Konduktoren stets vollkommen isoliren, mit einem guten Firnisse von Gummi- oder Siegellack überstrichen. Endlich beachte man, daß der Konduktor *r* mit dem Kissen *e* verbunden, der Konduktor *v* aber an derjenigen Seite, welche er dem Glas-Cylinder *a* zukehrt, mit Spitzen besetzt ist! — Möchte doch diese kurze Beschreibung Solche, denen es bei ihrem Unterrichte in der Physik an bessern Instrumenten gebricht, veranlassen, sich, um die nothwendigsten elektrischen Versuche machen zu können, eine dergleichen Cylinder-Maschine selbst anzufertigen!

Als Erfinder der Elektrisir-Maschine wird Otto von Guerike genannt, also derselbe Bürgermeister von Magdeburg, welcher uns auch mit der Luftpumpe beschenkt hat. Seine Maschine war indeß noch viel einfacher, als die oben zuletzt beschriebene; sie bestand nämlich nur aus einer großen Schwefel-

kugel, die vermittels einer Kurbel an einem wollenen Lappen, den Jemand in der Hand hielt, gerieben wurde. Die erste vollständige Elektrisir-Maschine bauten 1742, also etwa 100 Jahre später, Hausen und Winkler zu Leipzig.

Noch lenke ich eure Blicke auf eine ganz neue Elektrisir-Maschine.

Vor einigen Jahren hielt in England ein Arbeiter die eine Hand in den Dampf, der aus einer Spalte eines Kessels mit Kraft hervorströmte, und empfand, als er zufällig mit der andern das Ventil berührte, einen elektrischen Schlag. Dies erregte natürlich Aufsehen, und, besonders bei den Physikern, ein weiteres Verfolgen der merkwürdigen Erscheinung. Im Jahr 1840 verfertigte endlich ein gewisser Armstrong eine Dampf-Elektrisir-Maschine, die mit Rücksicht auf ihre Wirkung jede frühere bedeutend hinter sich zurückließ. Die hier beigefügte 226ste Figur veranschaulicht sie euch.

Der Kessel ruht auf 4 Glasfüßen, ist etwa 3 Fuß lang, gegen 16 Zoll

Fig. 226.

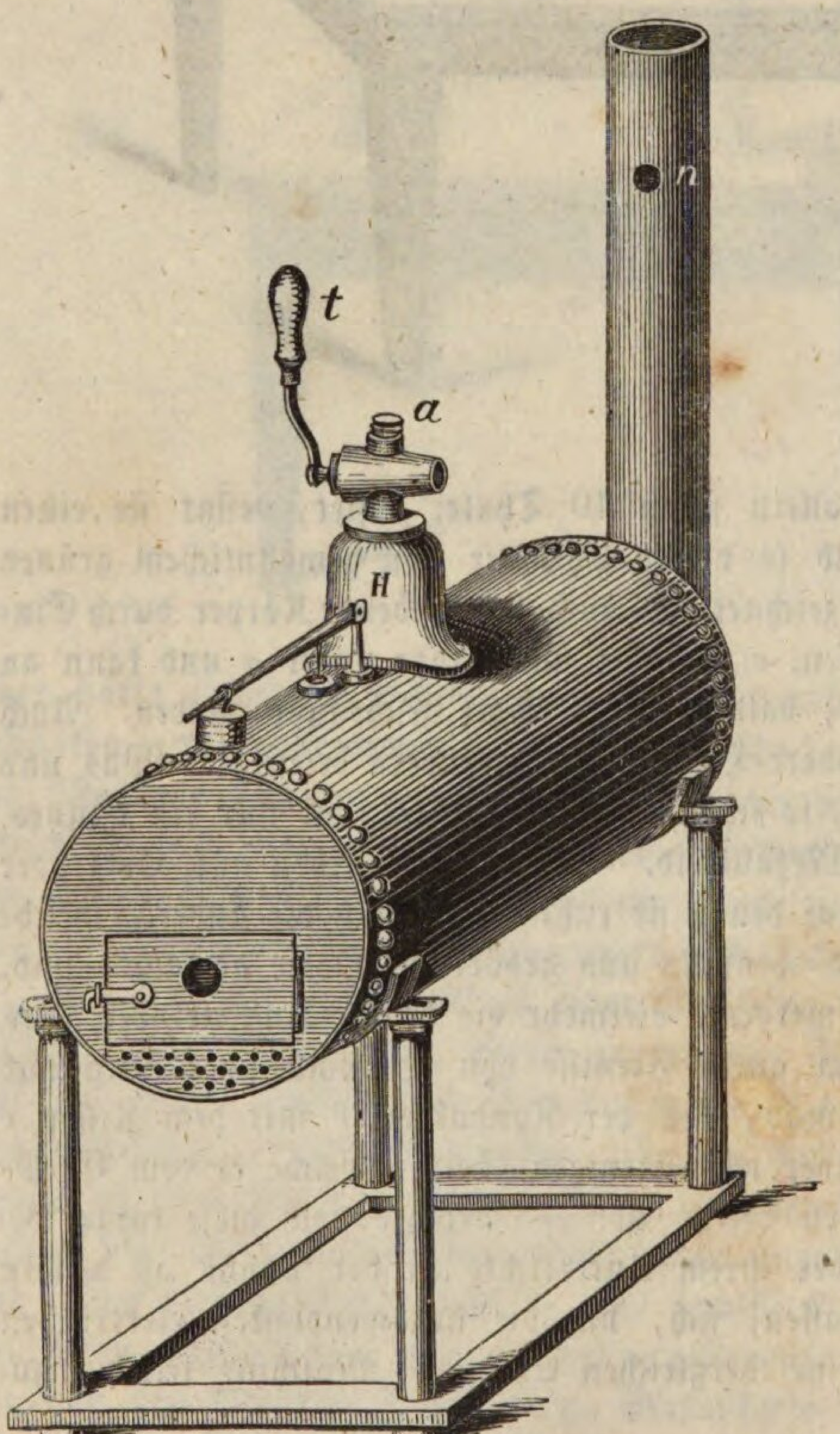
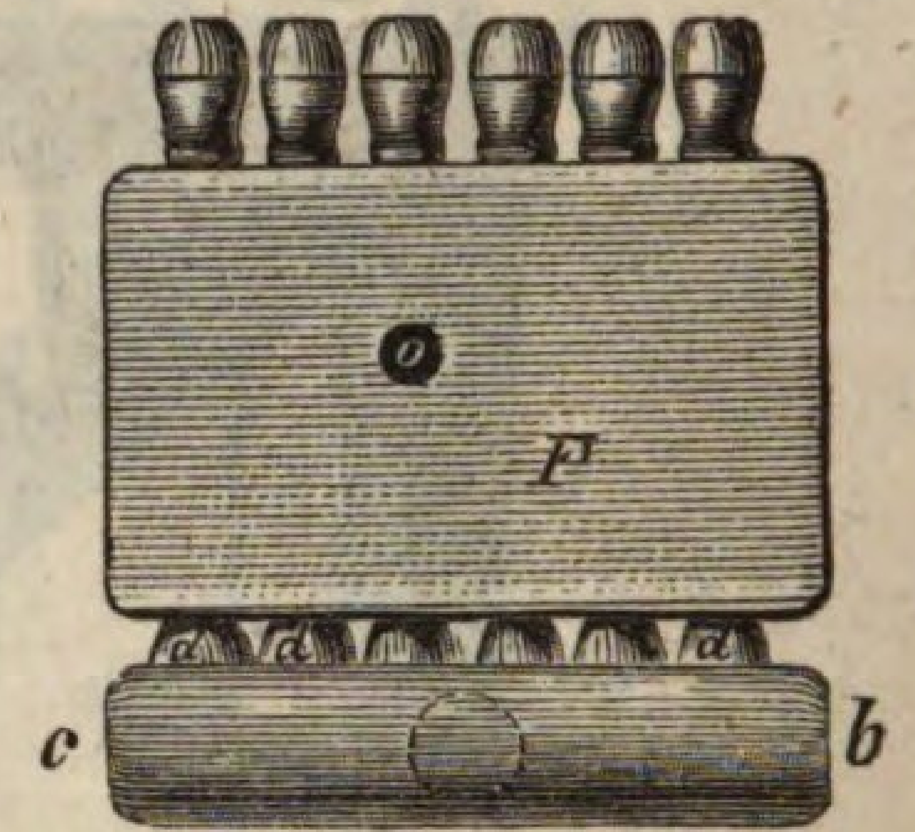


Fig. 227.



dick und trägt oben einen Hut mit einem kurzen Messingrohre. Letzteres dient zum Anschrauben der Ausströmungsöffnungen und kann vermittels eines Hahnes verschlossen werden. Die Sicherheitsklappe, welche ihr vor dem Hute angebracht seht, wird durch den Dampf erst dann gehoben, wenn derselbe auf einen Quadrat-Zoll einen Druck von 90 Pfund, also von 6 Atmosphären, ausübt. Die 6 Röhren *dd'* (Fig. 227), welche die Ausströmungsöffnungen bilden, liegen wagerecht, und gehen durch einen Kasten von Messingblech, dessen kaltes Wasser dazu bestimmt ist, wenigstens einen Theil des Dampfes zu verdichten und so die Wirkung der Maschine zu erhöhen. Sämmtliche Dämpfe werden durch ein Messingrohr, das auf eine Oeffnung in dem

Dekkel des Kastens, *o*, gesetzt worden ist, in den Schornstein und so endlich ins Freie geführt. Dieses Rohr ist in der Hauptfigur mit *n* bezeichnet.

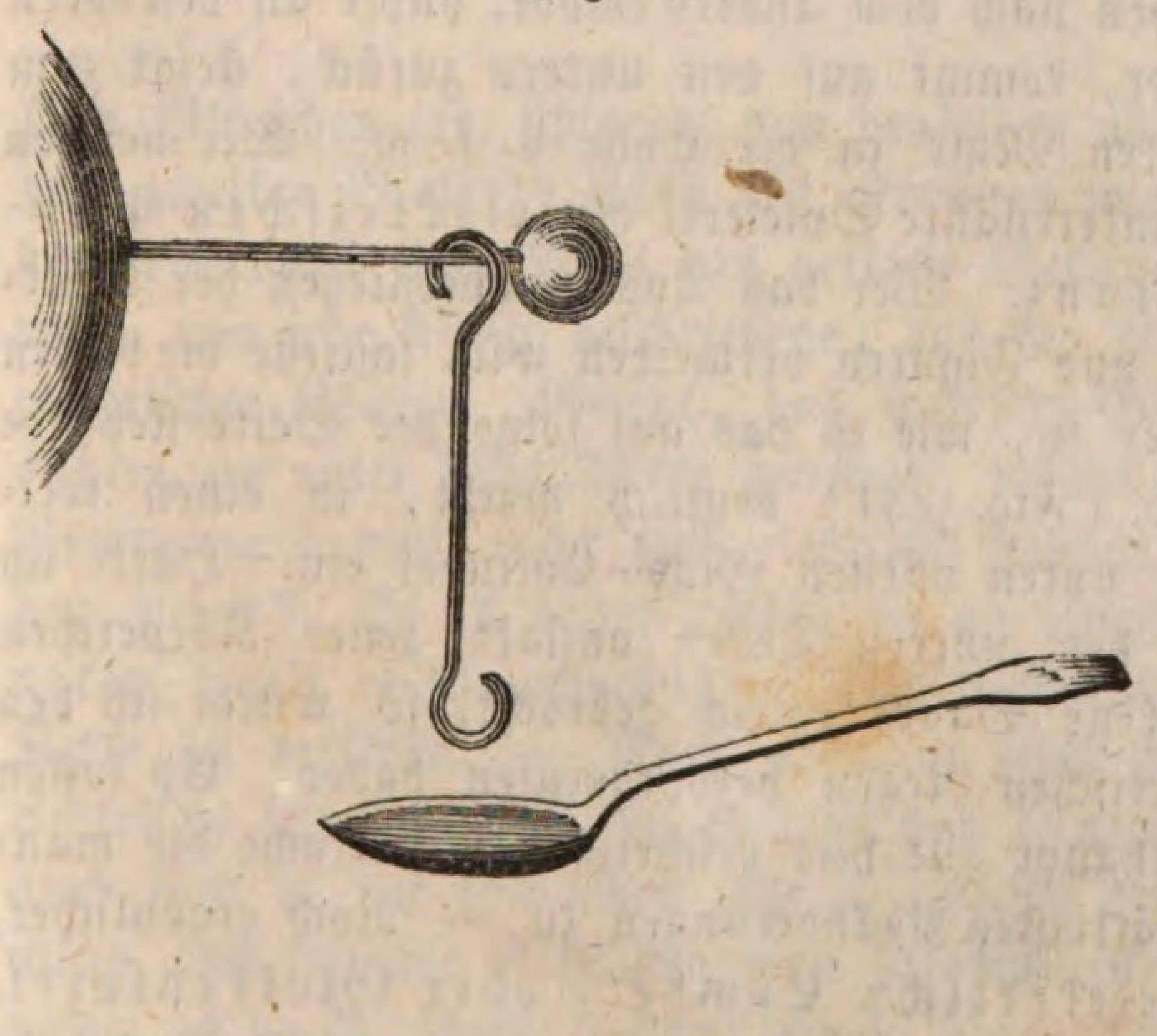
Gesetzt, der Apparat, den uns das zweite Bild zeigt, sei auf den Kessel geschraubt und der Dampf habe die nöthige Spannkraft erlangt; dann darf man nur, damit der letztere mächtig hervorströme und der Kessel stark elektrisch werde, durch eine Viertelumdrehung des Handgriffes *t* den Absperrhahn öffnen. Mittels einer solchen Hydro-Elektrisir-Maschine läßt sich eine Batterie von 36 Quadrat-Fuß Oberfläche (s. §. 8!) in 30 Sekunden vollständig laden. Die Ursache dieser starken Elektricitäts-Entwikkelung liegt übrigens darin, daß sich die Dämpfe und die mit ihnen vermischten Wassertheilchen an den Wänden der Ausströmungsröhren reiben. Der Dampfkessel ist gleichsam der Konduktor der Maschine.

§. 4.

Einige vermittels einer Elektrisir-Maschine leicht anzustellende Versuche.

Hier habe ich zuvörderst ein Knäuel Baumwolle. In die Nähe des Konduktors gebracht, streckt es anfangs seine sämmtlichen Fädlein nach demselben hin, fliegt ihm später zu, wird aber in dem Augenblick, da es antippt, wieder abgestoßen. Noch interessanter ist der Versuch mit einer Kugel von Kork oder Hollundermark, die einige Paar spinnenfußähnliche Ansätze erhalten hat. Das letztere Spielwerk wird die elektrische Spinne genannt. — Noch flammt in diesem blechernen Löffel eine Gabe feines Siegellack (Fig. 228); ich nähere auch sie dem Konduktor, lösche sie aber, bei ihm angekommen, schnell wieder aus. Nur so genießen wir die Freude, auf ihr, während sie noch raucht, eine Menge Spitzen sich bilden zu sehen. Kampher, auf ähnliche Weise behandelt, liefert noch zierlichere Spitzen, offenbart uns also noch schöner, wie ein elektrischer Körper auf dergleichen Dinge anziehend wirkt. — Ich erwärme drittens in einem andern blechernen Löffel Spiritus an einer Lichtflamme, befestige die Geräthschaft auf den Konduktor, drehe die Maschine, und halte einen meiner Finger, ohne ihn jedoch einzutauchen, nahe über die Flüssigkeit. Sogleich fährt ein Funken aus dem Löffel und entzündet während seines Durchganges den Spiritus. Dasselbe erfolgt mit Schwefeläther, der selbst bei schwachen Maschinen nicht erst erwärmt werden darf. Wer sich das Vergnügen machen will, irgend etwas anzuzünden, ohne aber Feuer

Fig. 228.

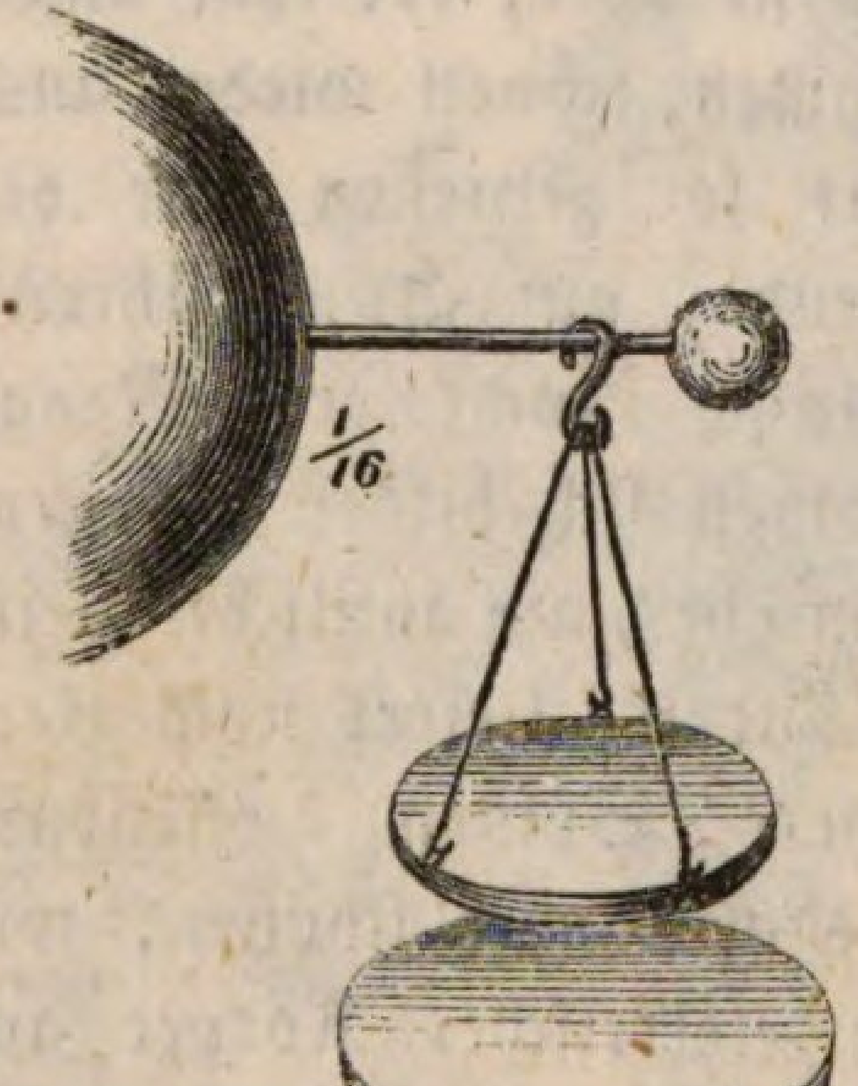


zu gebrauchen, stelle sich auf einen Isolir-Schemel, erfasse mit der einen Hand entweder den Konduktor selbst, oder eine von ihm ausgehende Metallkette, und nähere hierauf die andere Hand dem Löffel mit Schwefeläther oder erwärmtem Spiritus, den eine auf dem Fußboden frei dastehende Person hält. Jetzt fahren die Funken, gerade umgekehrt, aus dem Finger gegen den Löffel und erzeugen die liebliche Flamme. Die Erscheinungen, welche uns der Konduktor darbietet, wiederholen sich bei allen Personen, die zwar mit ihm, nicht aber noch mit andern Körpern in leitender Verbindung stehen. Damit Keiner an der Wahrheit meiner Behauptung zweifele, besteige ich aufs neue den Isolir-Schemel, umfasse den Konduktor mit der einen Hand und lasse mich bald an diesem, bald an jenem Leibestheile berühren. Und sehet! überall strömen aus mir, als ob ich der Konduktor selbst wäre, Funken hervor Offenbar kann auch ich wieder Andern Funken mittheilen. — Viertens setze ich das beiderseits fein zugespitzte, Sförmig gebogene Messingdräthchen (Fig. 229), welches genau in der Mitte eine conische Vertiefung erhalten hat, auf ein kleines, isolirtes Stativ und bringe die Nadel des letztern durch eine Kette mit dem Konduktor der Elektrisir-Maschine in Verbindung. Der Erfolg ist leicht abzusehen; das Messingdräthchen oder das sogenannte elektrische Flugrad muß sich ja sofort zu drehen beginnen. — Nachdem ich fünftens einen zinnernen Teller zum Theil mit mehrern Stückchen Blattgold, zum Theil mit einigen Puppen von Papier und Hollundermarke beschenkt habe, nähere ich ihn einem andern Metallteller, der, wie die 230ste Figur zeigt, am Konduktor hängt. Noch liegen sämmtliche Blättchen und Figuren ruhig auf ihrer Unterlage; wann ich aber die Maschine in Bewegung setze, richtet sich ein Körperchen nach dem andern empor, hüpft an den obern Teller, kommt auf den untern zurück, steigt zum zweiten Male in die Höhe u. s. w. Wir nennen die interessante Spielerei den elektrischen Puppentanz. Wer das Auseinanderfliegen der Blättchen und Figuren vermeiden will, schließe die beiden Teller so, wie es das auf folgender Seite stehende Bild (Fig. 231) deutlich macht, in einen weiten, unten offenen Glas-Cylinder ein. Hätte ich auf den untern Teller anstatt jener Körperchen trokkene Sandkörnlein gebracht, so würde ich den elektrischen Regen hervorgerufen haben. Es lassen überhaupt alle hier beschriebenen Versuche die mannigfaltigsten Abänderungen zu. — Noch ergötzlicher, als der Puppentanz, ist das elektrische Cymbel- oder Glokkenspiel. Ihr sehet hier 3 kleine Glokken an einem schmalen Streifen von Messingbleche (Fig. 232). Befremdend genug, entbehrt jede derselben des Klöppels, und nur in der mittlern befindet sich ein Haken, an den eine leitende Kette befestigt worden ist Nicht minder fällt es auf, daß jedes äußere Glöckchen durch eine feine Kette, das mittlere hingegen durch einen seidenen Faden mit dem Messingstreifen in Verbindung steht. Auch die beiden kleinen Metallklöpfel sind

Fig. 229.



Fig. 230.



an seidene Fäden geknüpft. Ich bringe nun den ganzen Apparat mit dem elektrischen Konduktor in Verbindung. Sofort fahren die Klöpfel auf die äu-

Fig. 231.

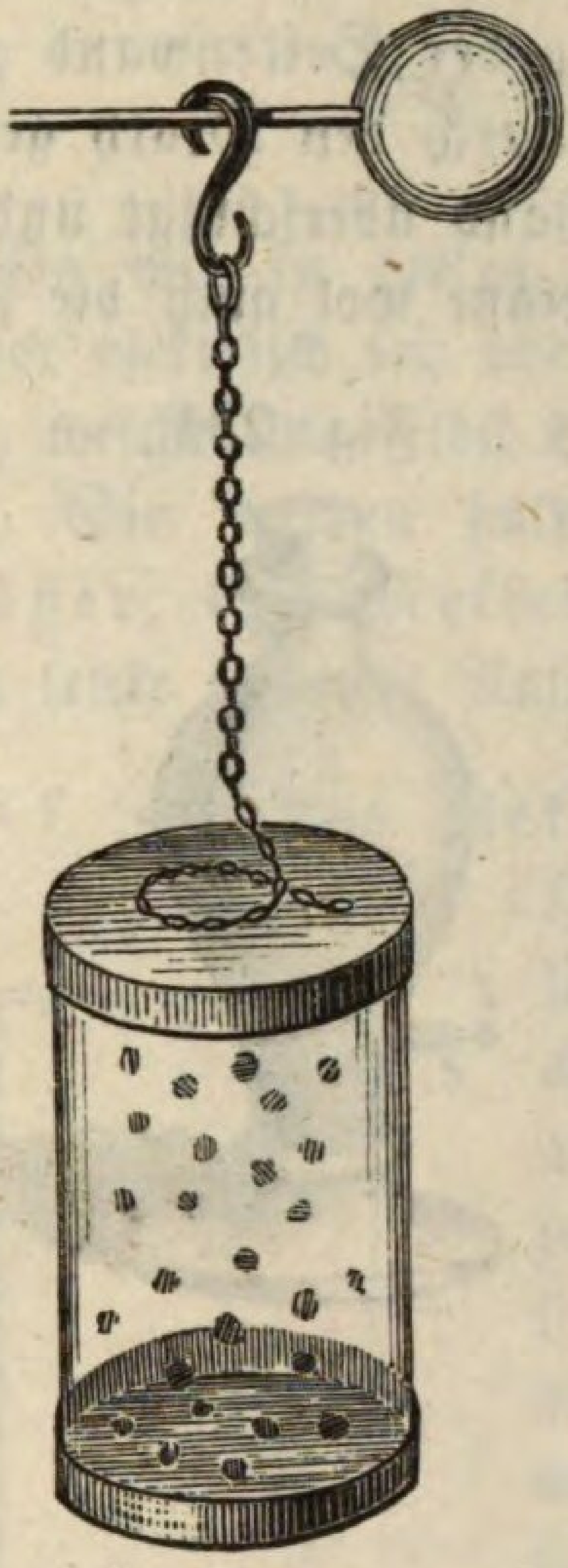
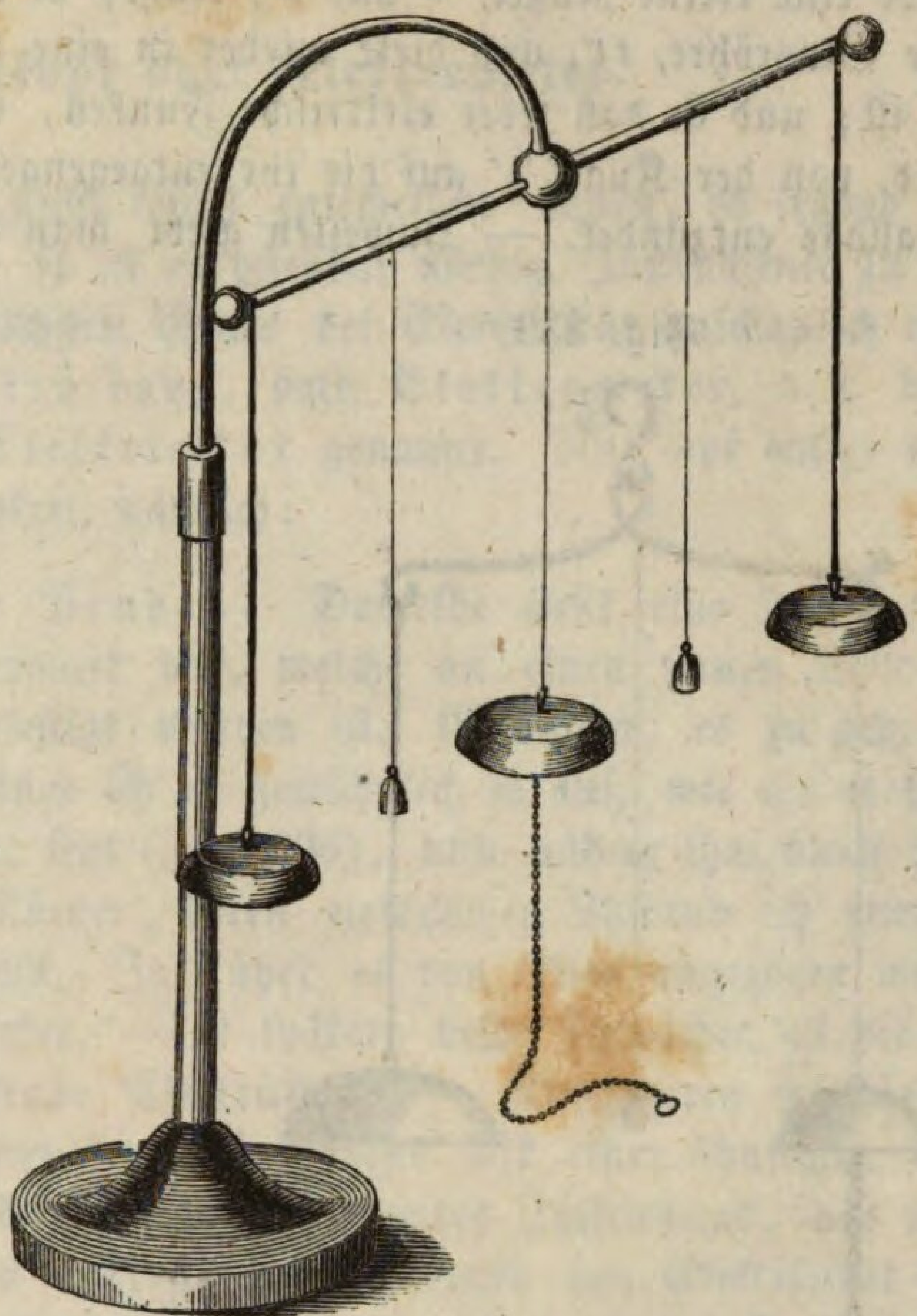


Fig. 232.



ßern Glöckchen los, schlagen, von denselben abgestoßen, an das mittlere, gehen zum zweiten Male zu jenen hin, kommen wieder zu diesem zurück u. s. f. und bewirken durch dies Alles das artigste Geklingel. Die ganze Erscheinung beruht, wie jede früher beschriebene, auf der Anziehungs- und Abstoßungskraft elektrischer Körper. Gesetzt, das mittlere Glöckchen wäre eben so, wie jedes äußere, an einer Metallkette befestigt; würde es dann, wenn die Maschine in Bewegung kommt, nicht auch elektrisch werden und die Klöpfel an sich zu ziehen suchen? Es ist daher nöthig, es an einen seidenen Faden zu hängen, und unten, damit es die empfangene Elektricität nicht behalte, mit einer leitenden Kette zu versehen. — Noch einfacher zeigt uns das Bild 233 (s. f. S.) das elektrische Glokkenspiel; bei ihm ist von keinem isolirten Glasgestelle die Rede; auch sind es der Glöckchen nur 2. Kaum bedarf es schließlich einer Erwähnung, daß wir die Glöckchen gern zusammenstimmend wählen, d. h. so, daß sie, wenn es z. B. ihrer 3 sind, einen Dur-Akkord, etwa *c*, *e*, *g*, angeben. — Endlich fülle ich mein kleines Metallgefäß mit einer Mischung von Wasserstoff-Gase und atmosphärischer Luft, also mit dem leicht zu entzündenden Knallgase, an und verschließe es oben vermittels eines Stöpsels von Kork; dann lasse ich auf die Kugel *b* (Fig. 234), die an den untern Theil befestigt und durch einen Metalldrath mit dem innern Raume verbunden ist, einen elektrischen Funken fallen. Indem ich Letzteres thue, hören wir einen ziemlich

starken Knall, und sehen, daß der Stöpsel fortgeschleudert wird. Der neue Apparat heißt das elektrische Pistol. Wer erfahren will, wie er wirkt, beachte: 1. daß der Metalldrath weit in das Gefäß hineinreicht und an jedem Ende eine kleine Kugel, *b* und *b'*, trägt; 2. daß er vermittels Siegellacks in eine Glasröhre, *tt'*, und diese wieder in eine Oeffnung der Seitenwand gekittet ist; und 3. daß jeder elektrische Funken, welcher durch den Drath geleitet wird, von der Kugel *b'* auf die ihr entgegengesetzte Wand überschlägt und das Knallgas entzündet. — Zuweilen giebt man dem Gefäße wol auch die Form

Fig. 233.

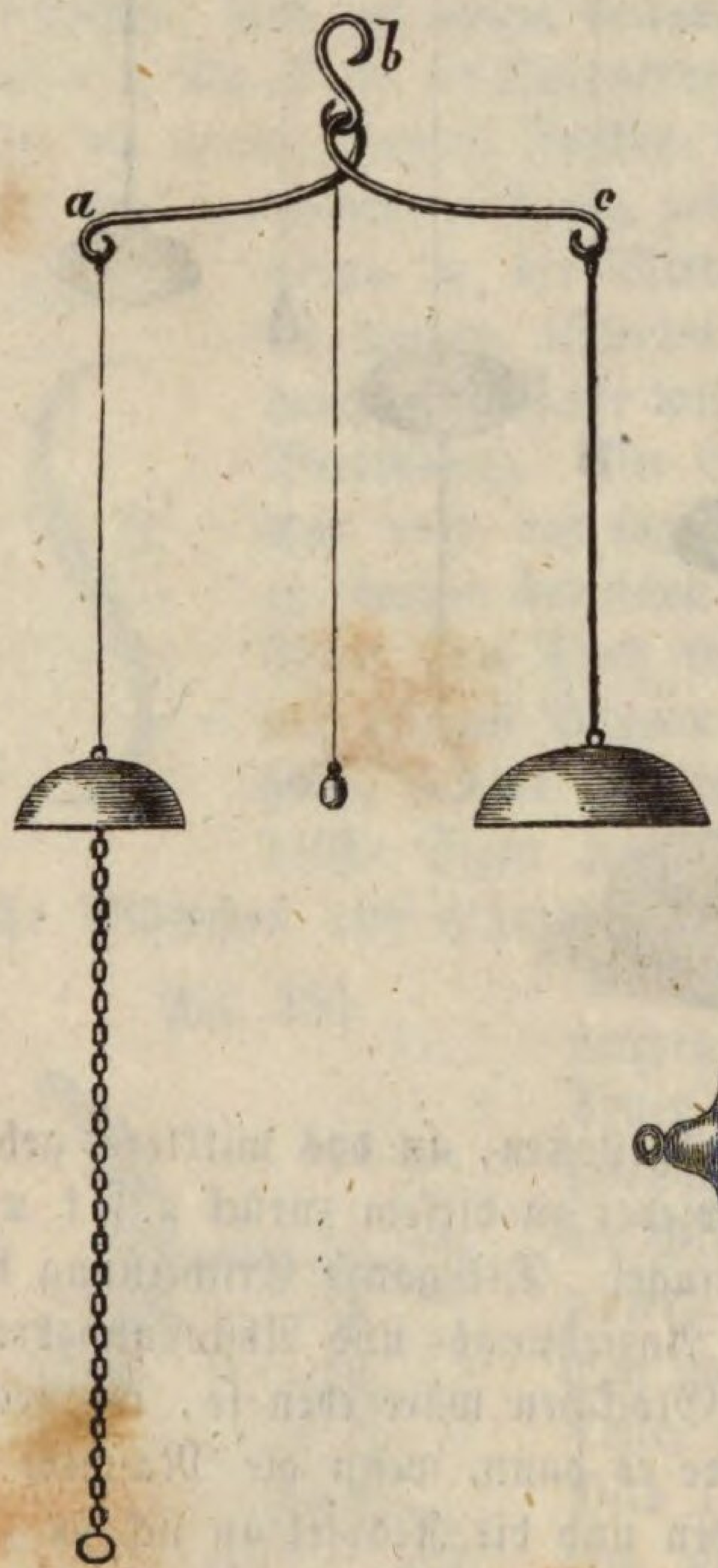


Fig. 234.

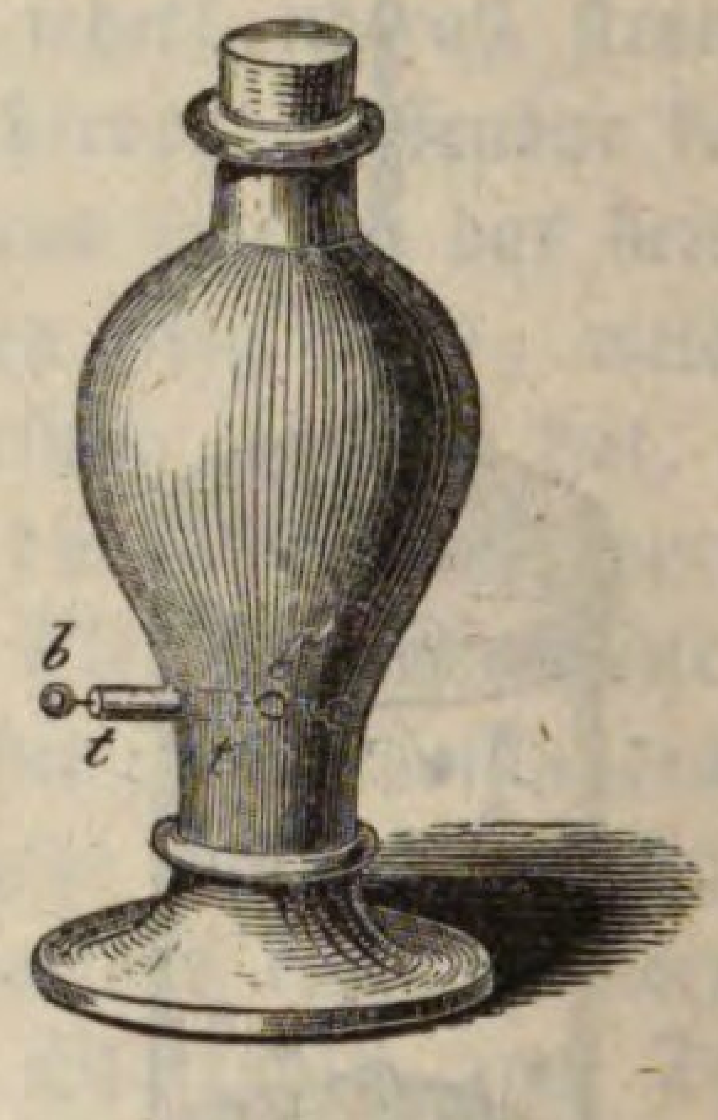
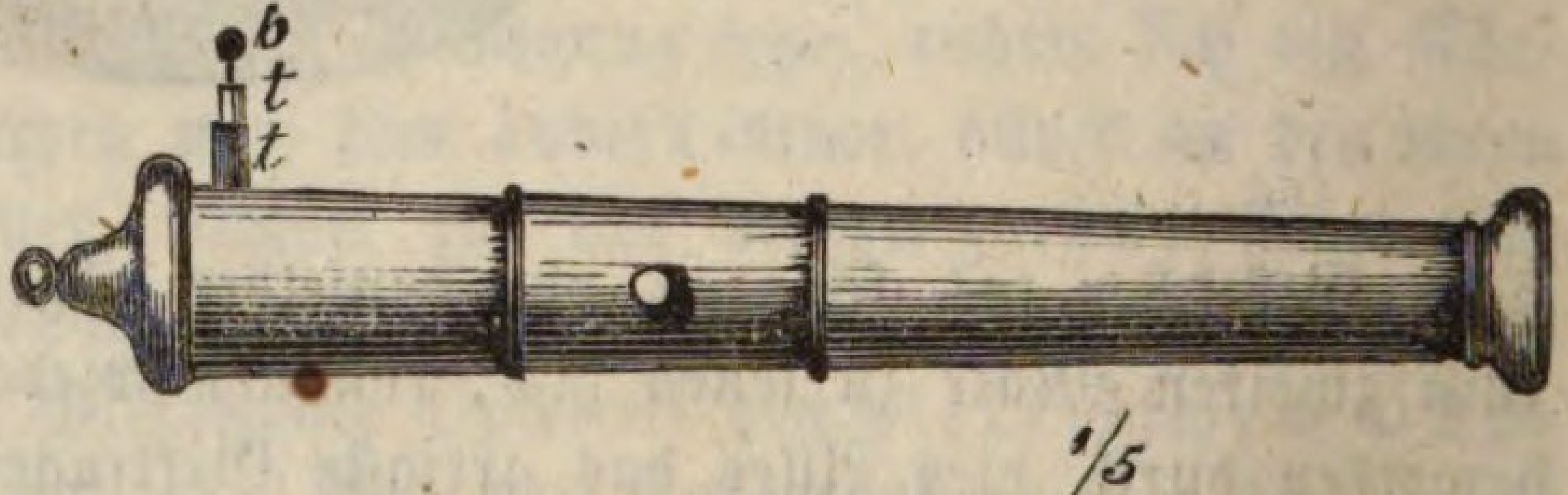


Fig. 235.



einer Kanone (Fig. 235); letztere ist unstreitig gegen das Zerspringen mehr gesichert. Uebrigens entzündet selbst der schwächste elektrische Funken das Knallgas. Wer sich überzeugen will, daß wirklich zwischen dem Drathe und dem Gefäße Funken überschlagen, darf nur, um in den innern Raum sehen zu können, den Korkstöpsel entfernen. — Noch leichter kann man prüfen, daß eine mit dem Konduktor leitend verbundene Flaumfeder anschwillt; daß sich die Haare eines Menschen, der auf dem Isolirschemel steht, in die Höhe sträuben; daß der Rauch eines ausgeblasenen Lichtes von dem Konduktor angezogen und wieder abgestoßen wird; daß die Elektricität Wasser, welches durch eine enge Röhre fließt, in einen feinen Regen verwandelt u. s. w.

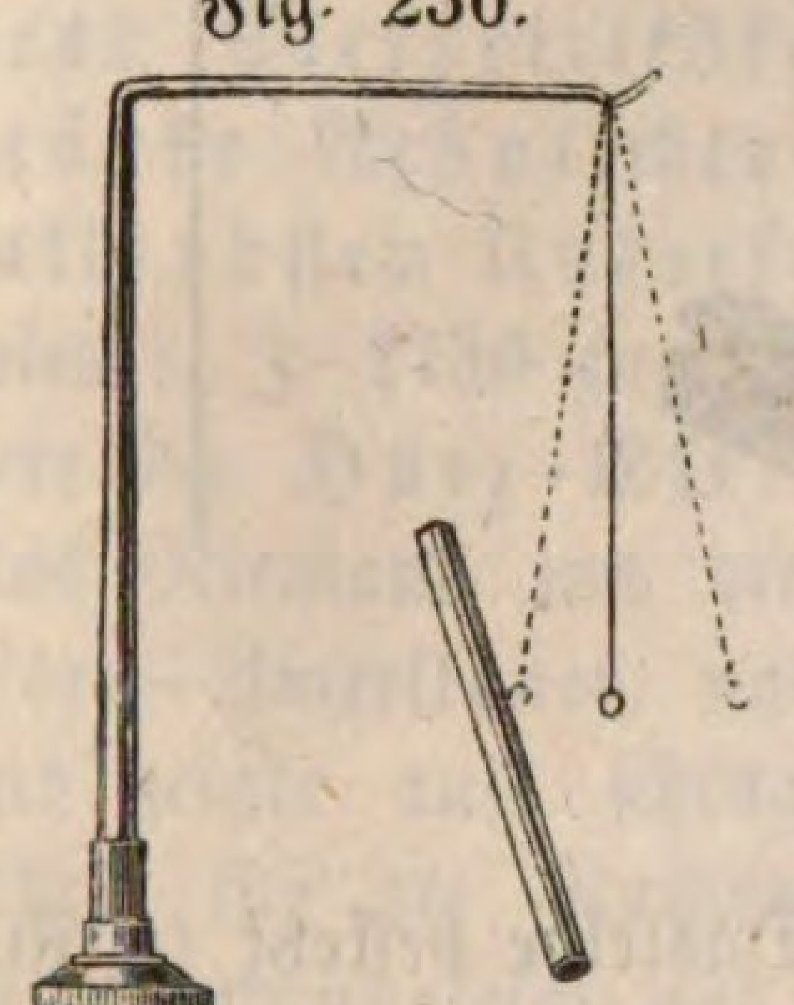
§. 5.

Die Elektroskope oder Elektrometer.

Da wir in vielen Fällen nicht sofort entscheiden können, ob irgend ein Körper elektrisch sei, oder nicht; so ist es offenbar nöthig, Instrumente zu besitzen, welche uns selbst die schwächsten Grade der Elektricität anschaulich machen. Sie werden bald Elektroskope, bald Elektrometer, d. i. bald Schätzer, bald Messer der Elektricität genannt. Nur auf einige derselben lenke ich eure Aufmerksamkeit, nämlich:

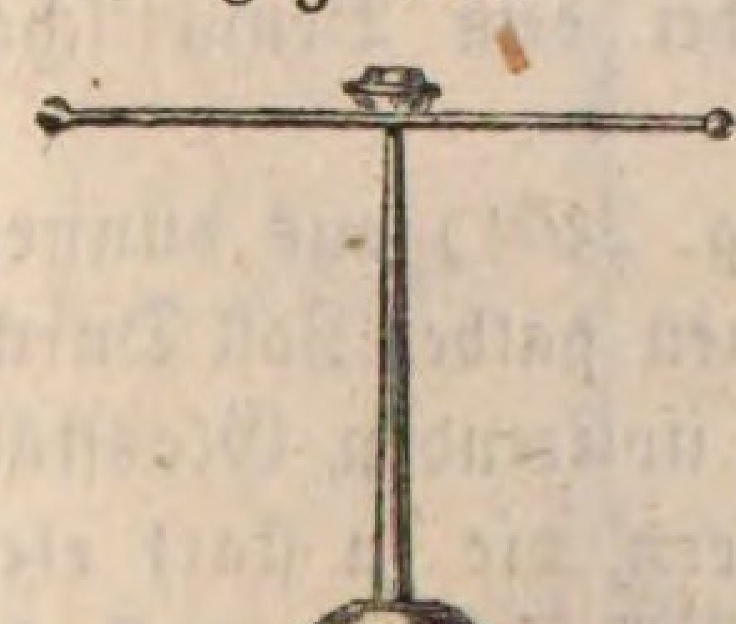
»1. auf das elektrische Pendel.« Dasselbe stellt eine Kugel von Hollundermark dar, welche an einen feinen Seidenfaden befestigt worden ist. Gesonnen, es zu gebrauchen, hänge ich es gewöhnlich so auf, wie ihr es hier abgebildet seht (Fig. 236), und nähere ihm dann diejenigen Körper, deren elektrischen Zustand ich kennen lernen will. Je früher es von ihnen angezogen wird, desto stärker, — je später, desto schwächer ist die zu untersuchende Elektricität. — Beschweren wir jedes Ende eines leinenen Fadens mit einer ähnlichen Kugel; so besitzen wir ein zweites Instrument, das uns gleichfalls äußerst geringe Grade von Elektricität bemerklich macht. Letzteres werfen wir meist über den zu prüfenden Körper, doch so, daß die Kugeln sich gegenseitig berühren, und schließen dann von dem Grade, in welchem sie einander fliehen, auf das Maß der ihnen mitgetheilten Elektricität.

Fig. 236.



»2. auf die elektrische Nadel.« Die 237ste Figur veranschaulicht sie euch. Sie besteht aus einem Messingdrathe, der sich mit 2 kleinen Kngeln endigt, und in dessen Mitte ein Achathütchen angebracht ist. Jene Kugeln sind, weil sie möglichst leicht sein müssen, ausgehöhlt; das Achathütchen ferner ruht, damit schon eine äußerst geringe elektrische Kraft die Nadel bewege, auf einer feinen Spitze. Das Prüfungsgeschäft selbst bedarf keiner Erläuterung; eben so die Behauptung: »die elektrische Nadel ist noch empfindlicher, als das elektrische Pendel,« weil eben so klar vor uns liegend, keines Beweises.

Fig 237.



»3. auf das Henly'sche Quadrant-Elektrometer.« Seine Hauptttheile sind (s. Fig. 238 a. f. S.): 1. ein Halbkreis, der aus Glas oder Elfenbein gearbeitet und in Grade abgetheilt ist; 2. eine runde, senkrecht stehende Metallsäule, die jenen ersten Hauptttheil fest hält, auf den Konduktor der Elektrisir-Maschine geschraubt und von ihm auch wieder abgenommen werden kann; 3. ein leichtes, sehr bewegliches, meist aus Fischbein bereitetes Pen-

del, das seinen Aufhängepunkt im Centrum des Halbkreises hat und unten eine kleine Kugel von Kork oder Hollundermarke trägt. Je stärker die Ladung wird, desto höher steigt natürlich das Pendel. Bleibt es übrigens bei einer gewissen Stelle unveränderlich stehen; so liefert es uns einen neuen Beweis, daß ein Körper die Elektricität, welche wir ihm mitgetheilt haben, allmälig wieder verliert. Bei feuchter Luft ist dieser Verlust sehr bedeutend.

Fig. 238.

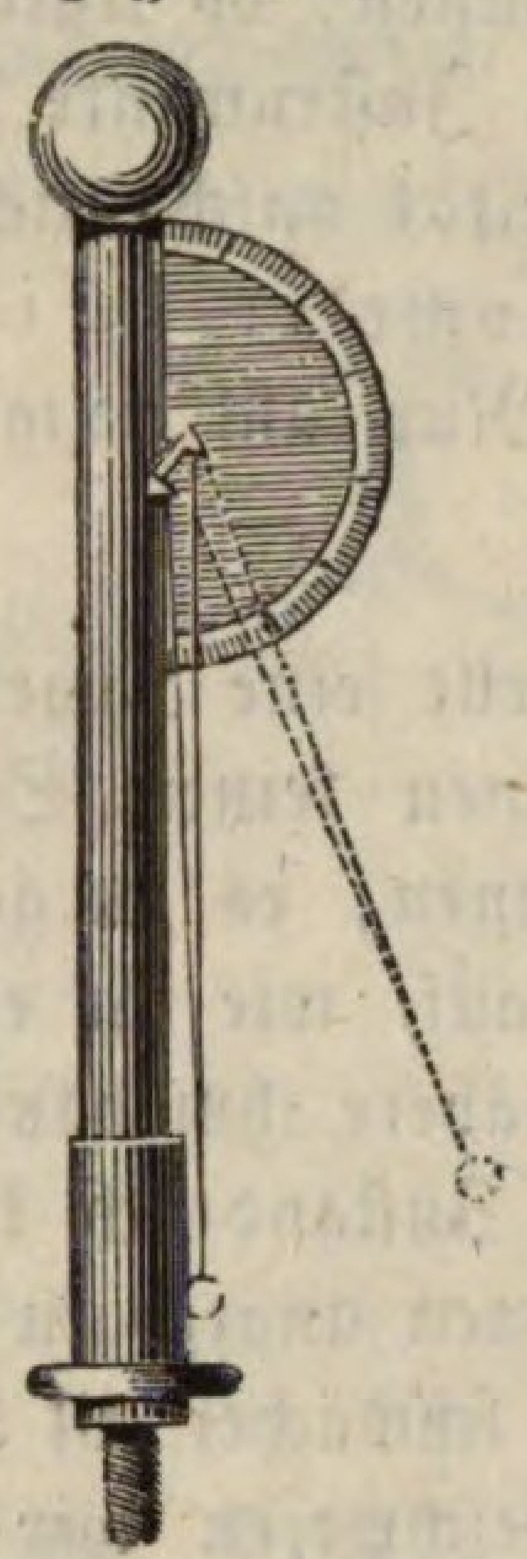


Fig. 239.

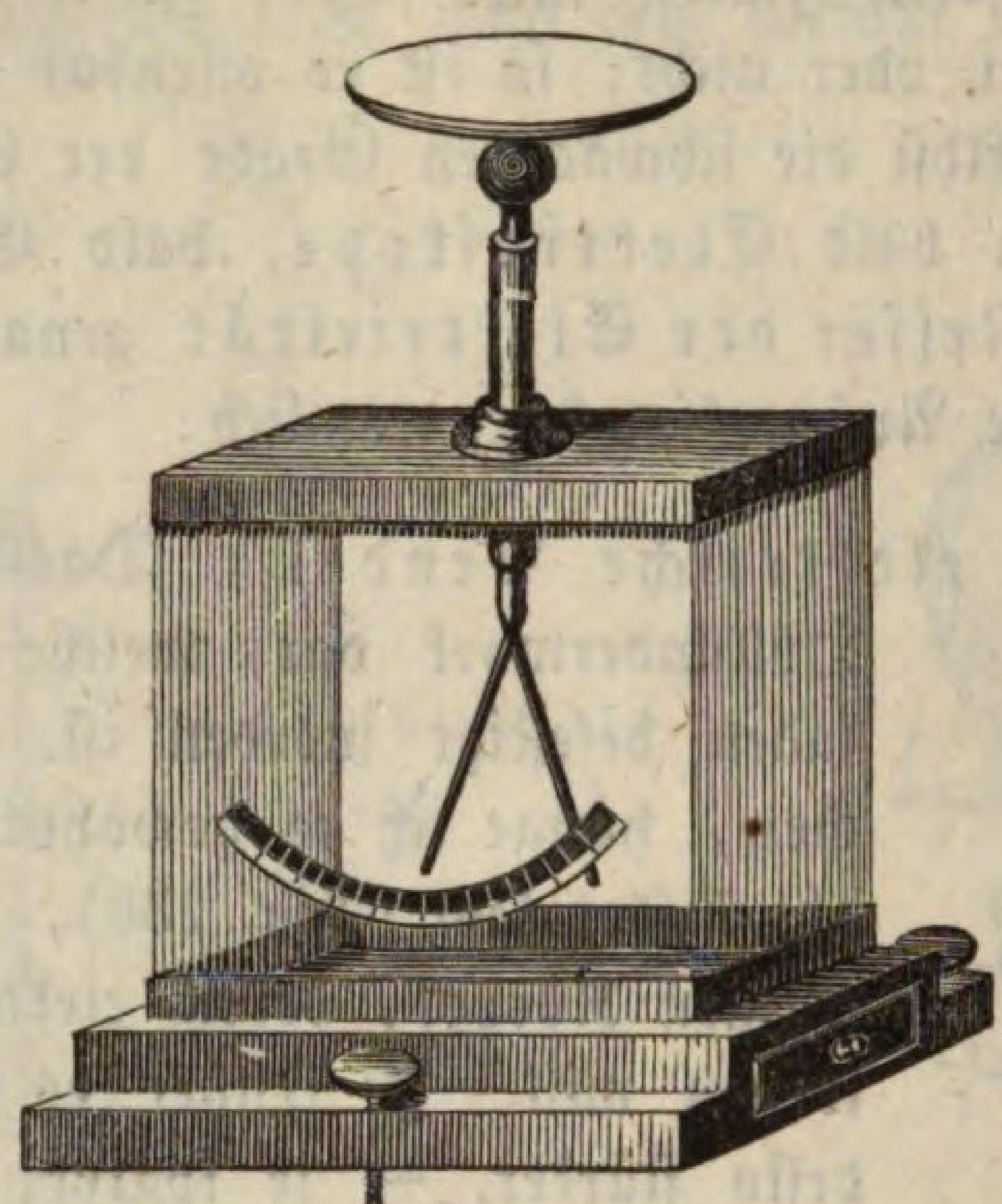


Fig. 240.



»4. auf das Bennet'sche Elektrometer.« Dasselbe besteht (s. Fig. 239!) aus 2 dünnen Goldstreifen, die gegen 2 Zoll lang und gewöhnlich durch etwas Eiweiß an ein keilförmiges Metallstück geklebt sind. Der abgeschlossene Raum, in welchem die Streifen hangen, hat Wände von Spiegelglas, und in der Mitte seiner Bodenfläche eine Oeffnung, durch die von der Seite her eine Lade mit einigen Stükken Chlor-Calcium eingeschoben werden kann. Die Glasplatten sind luftdicht verkittet, und auch die Schieblade schließt möglichst dicht an. Das Chlor-Calcium dient dazu, die Luft des innern Raumes stets trokken zu erhalten. Der Gradbogen bestimmt auch bei dem Bennet'schen Elektrometer die Stärke der Elektricität.

»5. auf das Probescheibchen.« Es ist (s. Fig. 240!) aus dünnem Bleche, Rauschgold oder Goldpapiere bereitet, hat nur einen halben Zoll Durchmesser und wird in seiner Mitte von einem dünnen, gut isolirenden Glasstäbchen unterstützt. Wir gebrauchen es: 1. bei solchen Körpern, die zu stark elektrisch sind, als daß sie dem Elektrometer genähert werden könnten; und 2. bei andern, jedoch nur leitenden, auf deren Oberfläche wir die Vertheilung der Elektricität untersuchen wollen. Die zu prüfenden Körper zu berühren und die dadurch erhaltene Elektricität dem vorher durch die Finger entladenen Knopfe des Elektrometers mitzutheilen, sind die beiden Geschäfte, deren wir uns bei ihm zu bedienen haben.

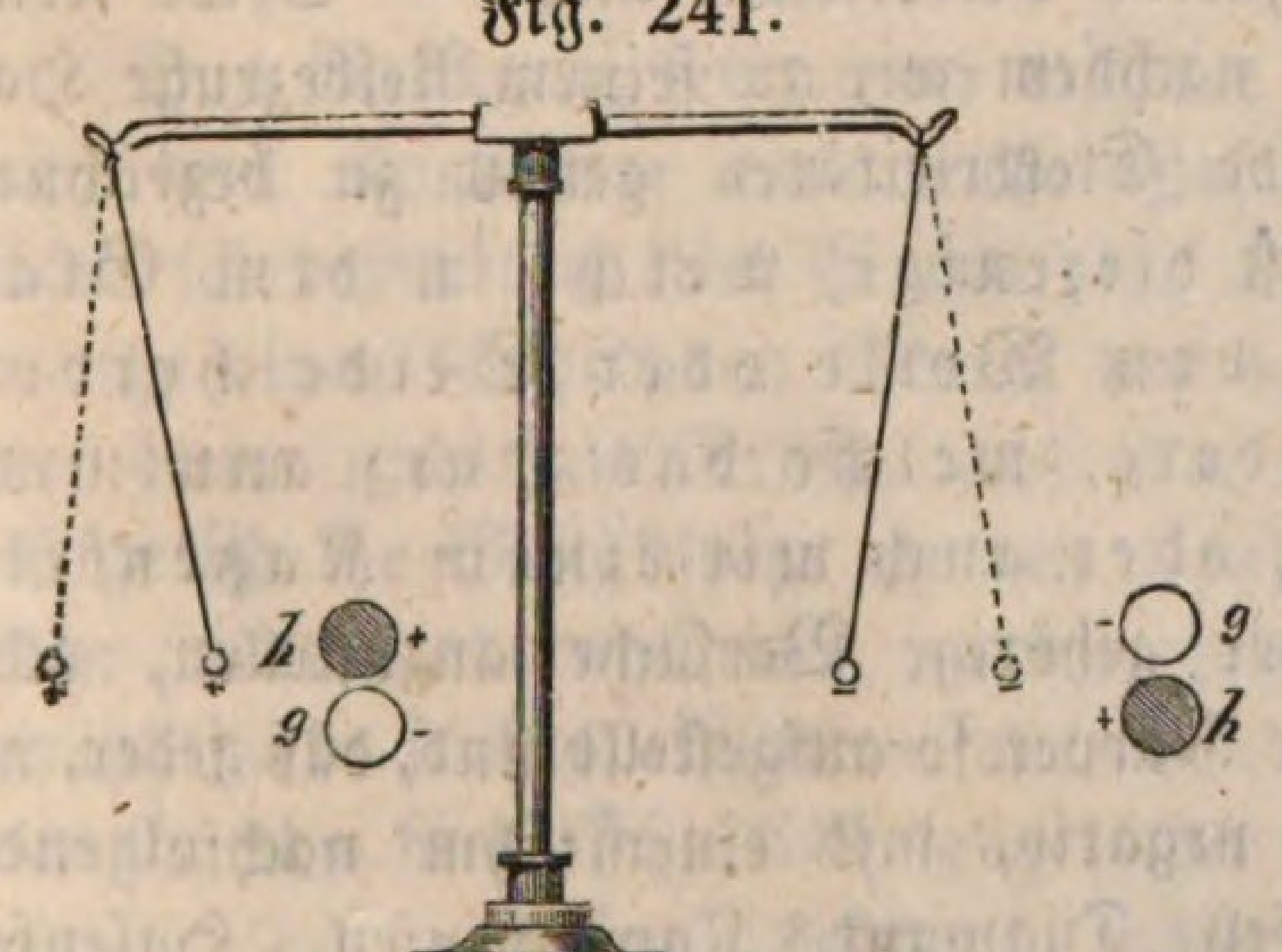
§. 6.

Die beiden Arten der Elektricität.

Wer, wie jetzt ich, 2 elektrischen Pendeln die Elektricität 1. einer Glasröhre und 2. einer Schellack- oder Siegellackstange mittheilt, glaubt wol, indem die kleinen Kugeln einander fliehen, daß die Elektricitäten einer Glas- und einer Harzmasse völlig mit einander übereinstimmen. Allein er irrt sich. Wer nämlich weiter, was ich auch noch thue, dem einen Pendel die Elektricität jenes, dem andern die Elektricität dieses Körpers mittheilt, überzeugt sich, da nun die Korkkügelchen auf einander zufahren, daß sie als einander entgegengesetzt zu betrachten sind. Bevor ich neue Versuche anstelle, merket!

»1. Man nimmt, auf die so eben hervorgerufenen Erscheinungen des Anziehens und des Abstoßens sich stützend, 2 verschiedene Elektricitäten an, welche, jede für sich betrachtet, die größte Aehnlichkeit, allein, mit einander verglichen, den auffallendsten Unterschied zeigen.« Du Fay, ein französischer Physiker, wies i. J. 1730 zuerst auf sie hin und nannte die eine die Glas-, die andere die Harz-Elektricität. Nach seinem Tode bekümmerte sich lange Zeit Niemand um die schöne Entdekkung. Erst Franklin, ein berühmter Nord-Amerikaner, nahm die feinen Untersuchungen Du Fay's wieder auf, und zeigte aufs schlagendste das Vorhandensein zweier Elektricitäten und führte für die Namen Glas- und Harz-Elektricität die wenigstens eben so guten, wenngleich auf keiner solchen Thatsache beruhenden, positive und negative Elektricität, + *E* und — *E*, ein. Nun werdet ihr auch die nebenstehende Zeichnung (Fig. 241) verstehen. Sie veranschaulicht die eben angestellten Experimente, jedoch mit dem Unterschiede, daß das eine Kügelchen von der Glasröhre, das andere von der Schellack- oder Siegellackstange angezogen oder abgestoßen wird. Die Zeichen + und —, ferner die Buchstaben *g* und *h* bedürfen keiner Erörterung.

Fig. 241.

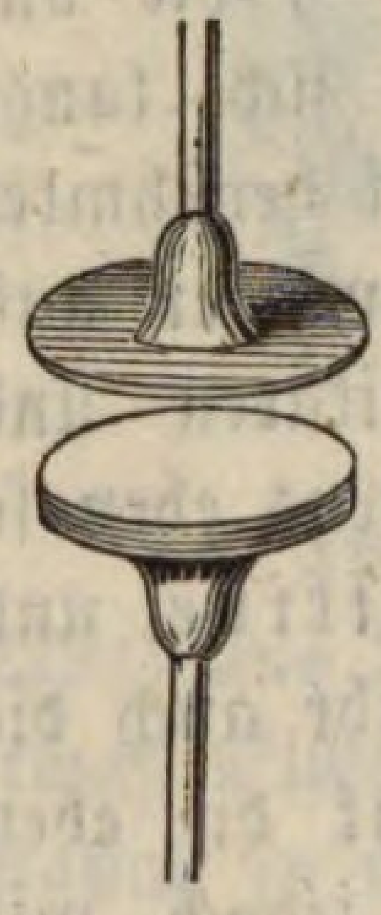


»2. Beide Elektricitäten stehen in dem eigenen gegenseitigen Verhältnisse, daß gleichsam ein Hinzuthun der **einen** ein Vermindern der andern Elektricität bewirkt.« Wer auch Dies anschaulich kennen lernen will, wiederhole die eben beschriebenen Versuche, und prüfe, wenn die Berührung der kleinen Kugeln erfolgt ist, wie es mit dem elektrischen Zustande seiner Pendel steht. Die Ergebnisse sind einfach. Besitzen nämlich die Pendel gleich viel verschiedene Elektricität, so neutralisirt das eine Elektroskop die Wirkungen des andern vollständig, d. h. die Pendel kehren in ihren vorigen unelektrischen Zustand zurück; sind sie hingegen in ungleichem Maße mit den entgegengesetzten Elektricitäten begabt, so verschwindet bei der Berührung die

schwächere ganz, und von der stärkern vertheilt sich der Ueberschuß auf die Pendel oder auch andere Elektroskope gleichmäßig. Da sich also beide Arten wie entgegengesetzte Größen aufheben, so nannte Franklin nicht ohne Grund die eine die positive und die andere die negative Elektricität.

»3. Viele besonders in der neuern Zeit angestellte Versuche haben gelehrt, daß die entgegengesetzten Elektricitäten, selbst wenn sie auf dem verschiedensten Wege erregt werden, stets beide zugleich entstehen: giebt nämlich der geriebene Körper die positive, dann der reibende die negative, — oder jener die negative, dieser die positive Elektricität.« Gesonnen, auch dies Gesetz durch ein Experiment zu bestätigen, isolire ich zunächst zwei Scheiben von verschiedenen Massen, beispielsweise von Glas und von Holz (letztere ist, wie jedes Kissen einer Elektrisir-Maschine, mit Leder überzogen und mit etwas Amalgam bestrichen), durch 2 kleine Glas- oder Siegellackstangen und reibe sie wiederholt an einander. Die hier beigefügte 242ste Figur veranschaulicht euch mein Verfahren. Beide Scheiben erscheinen so lange, als sie sich noch gegenseitig berühren, völlig unelektrisch; allein es offenbart sogleich, wann wir sie von einander trennen, die Glasscheibe positive und die Harzscheibe negative Elektricität. Wer bisher bei allen seinen Versuchen nur die eine Art Elektricität beobachtet hat, suche die Ursache hiervon darin, daß das Reibezeug nicht isolirt war, und daß daher dessen Elektricität in dem Augenblikke, da sie entstand, abströmen konnte.

Fig. 242.



»4. Die Art der Elektricität wird durch die Beschaffenheit des reibenden und des geriebenen Körpers bedingt.« Glattes Glas z. B. nimmt, mit wollenem Zeuge gerieben, die positive, hingegen, wenn der reibende Körper ein Katzenfell ist, die negative Elektricität an; — Seide ferner wird negativ oder positiv elektrisch, je nachdem wir zu seinem Reibezeuge Harz oder Glas gewählt haben. Um beide Elektricitäten genau zu bezeichnen, müssen wir also sagen: »die $+ E$. ist diejenige, welche in dem Glase vermittels eines Reibezeuges von Wolle oder Seide hervortritt; die $- E$ hingegen die andere, welche das Harz annimmt, wenn wir es mit Wolle, Seide, oder auch mit einem Katzenfelle reiben.« Wer Lust hat, viele hierher gehörige Versuche anzustellen, achte auf die nachstehende Reihe, in welcher die Körper so aufgestellt sind, daß jeder, mit einem ihm vorausgehenden gerieben, negativ, mit einem ihm nachfolgenden aber positiv elektrisch wird: »Katzenfell, Diamant, Kaninchenfell, Hasenfell, Turmalin, Glas, Wolle, Papier, weiße Seide, schwarze Seide, Siegellack, Kolophonium, Bernstein, Schwefel!« Diese Anordnung ist jedoch keine vollkommen feststehende; denn sie verändert sich sofort, d. h. gebietet gleichsam den Körpern, mehr hinauf oder herunter zu rükken, wenn bei deren Oberflächen in der Politur, der Temperatur u. dgl. ein Wechsel eintritt.

»5. Um zu erfahren, ob ein Körper positive oder negative Elektricität besitze, dürfen wir blos zusehen, welche Wirkung er auf ein Elektroskop äußert, das mit einer bekannten Elektricität beschenkt worden ist.« Es sei beispielsweise einem Pendel die

positive Elektricität mitgetheilt. Finden wir nun, daß es von dem zu prüfenden Körper abgestoßen wird, so hat derselbe mit ihm gleichartige, d. h. positive, im entgegengesetzten Falle aber, d. h., wenn es zu ihm hineilt, negative oder ungleichartige Elektricität.

»6. Die wichtigsten, auf die entgegengesetzten Elektricitäten sich beziehenden Gesetze lauten:

»a) gleichartige Elektricitäten stoßen sich ab, ungleichartige ziehen einander an;« und

»b) beide Elektricitäten vernichten sich gegenseitig, wenn sie von gleicher Stärke sind.«

Hier stehen 2 Isolir-Schemel; ich besteige sofort die eine Geräthschaft und schlage vermittels eines recht trokkenen Katzenfelles eine zweite Person, welche sich auf den andern Schemel gestellt hat. An welchem Leibestheile wir nun auch berührt werden mögen; überall zeigen hervorsprühende Funken, daß wir Beide elektrisch sind, und daß in mir die positive, in meinem geschlagenen Nachbar hingegen die negative Elektricität wohnt. Die Wahrheit der letztern Behauptung bestätigt auch hier jedes elektrische Pendel.

Statt die Kette an dem Reibezeuge der Elektrisir-Maschine, wie früher, auf die Erde hinabhängen zu lassen, bringe ich sie nun mit dem Konduktor in Verbindung, und bemühe mich dann, in der Scheibe die Elektricität auf gewöhnliche Weise zu erregen. Allein der Konduktor äußert wenig, ja fast gar keine Elektricität. Die Ursache hiervon lernen wir kennen, wenn wir 1. an das jedesmalige gleichzeitige Entstehen beider Elektricitäten und 2. an das gegenseitige Aufheben derselben denken. Daß der Konduktor, wenn das Reibezeug isolirt ist, zwar anfangs, allein später, so fleißig wir auch die Scheibe drehen mögen, keine Funken mehr ausströmen läßt, bedarf nun wol nicht erst einer Erläuterung.

Das Reibezeug sei wieder mit der Erde leitend verbunden. Nachdem ich nun dem Konduktor eine reiche Gabe positiver Elektricität mitgetheilt habe, führe ich demselben eine Metallspitze allmälig immer näher zu, und wir sehen an ihr einen leuchtenden Stern, der bei seinem Wege zum elektrischen Körper hin zwar nicht an Größe, wol aber an innerer Kraft zunimmt. Zuletzt befestige ich die Metallspitze an den Konduktor. Während ich ihr nun in dieser Lage einen andern Leiter nähere, nehmen wir statt des Sternes einen divergirenden, d. i. aus einander fahrenden Strahlenbüschel wahr, also einen solchen, wie ihr ihn hier (Fig. 243) abgebildet findet. Ich wiederhole beide Versuche, beschenke aber zuvor den Konduktor mit negativer Elektricität. Letzteres bewirke ich zum Theil durch die Abnahme der Konduktor-Arme, zum Theil durch eine Kette, die vom Reibezeuge bis zum Konduktor reicht. »Und ist es etwa nicht bewundernswerth, daß nun der Stern dem Strahlenbüschel, statt ihm vorauszugehen, nachfolgt?« Einen schönern Beweis für die Entgegengesetztheit beider Elektricitäten giebt es nicht. — Wie es mit den Lichtenberg'schen Figuren steht, die ebenfalls den Unterschied zwischen der positiven und der

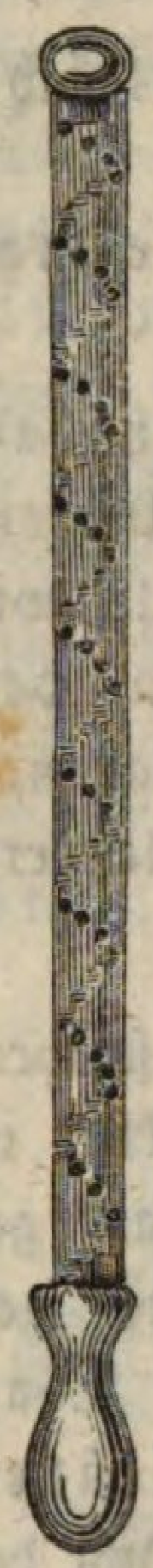
Fig 243.



negativen Elektricität anschaulich darstellen, kann erst bei dem Gebrauche des Elektrophors aus einander gesetzt werden.

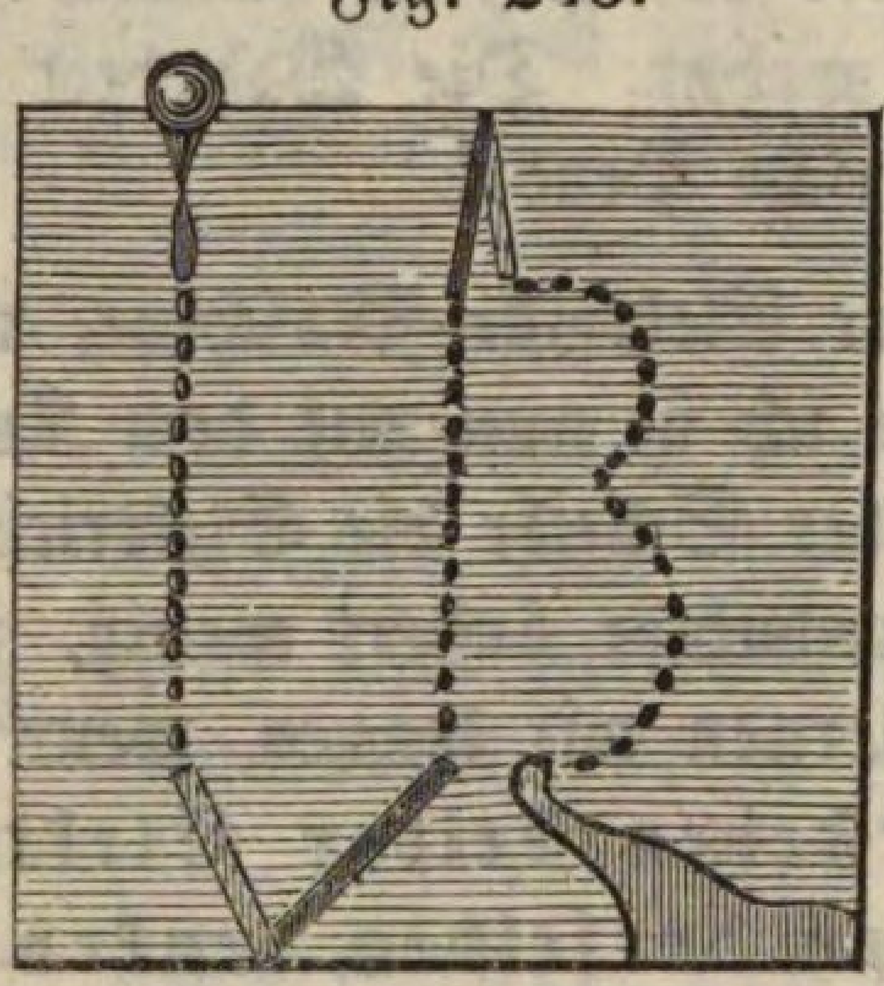
Schließlich werde hier noch einiger Versuche über das elektrische Licht im Dunkeln gedacht.

Fig. 244.



Ihr seht zuvörderst eine Glasröhre, auf die viele Stanniolblättchen so geklebt sind, daß sie eine um dieselbe laufende Schraubenlinie bilden (Fig. 244). Der Pfrppfen derselben besteht aus Holz und trägt ein metallnes, also leitendes Kleid. Wer nun das untere Ende in seiner Hand hält, das obere aber dem Konduktor einer Elektrisir-Maschine, während die Scheibe gedreht wird, so weit nähert, daß die Funken auf den Pfropfen kräftig und in Menge überspringen, erblickt auf der Röhre eine schöne, fest zusammenhängende Lichtlinie. Der beschriebene Apparat wird gewöhnlich die Blitzröhre genannt.

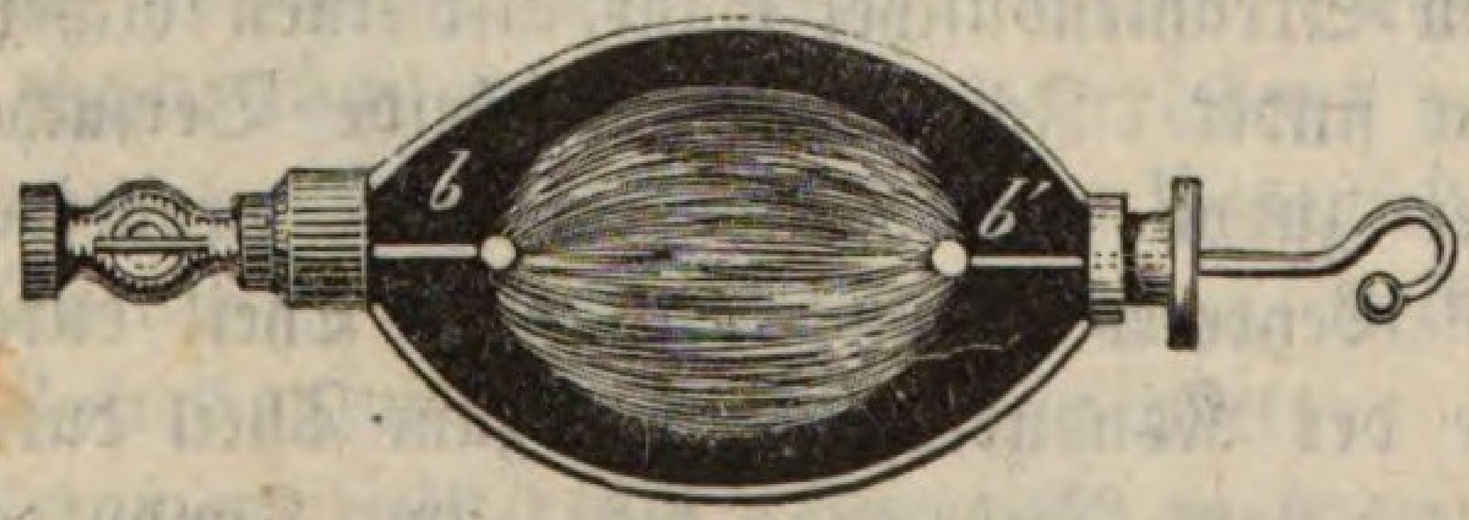
Fig. 245.



Gesonnen, irgend einen Namen im elektrischen Lichte strahlen zu sehen, setze ich auf eine Glastafel (Fig. 245) mittels eines Einschnittes eine kleine, hölzerne, mit Stanniol überzogene Kugel, und von dieser aus rautenförmige Stückchen Stanniol so, daß sie vereint einen beliebigen Namenszug bilden; klebe ferner da, wo kein Leuchten stattfinden soll, einen ganzen Stanniolstreifen auf; führe endlich einen ähnlichen Streifen von der Stelle, wo die Figur aufhört, bis an dasjenige Ende der Tafel, welches dem Knopfe gegenüberliegt und mit der Hand gehalten wird. Da jedoch der elektrische Funken auf der Tafel selbst ziemlich große Räume überspringt, um auf dem kürzesten Wege bis zur Hand hin zu gelangen; so bleibt es für das Gelingen des Experimentes stets rathsam, eine weitzügige Figur zu machen und einen Theil der leitenden Masse auf der Unterfläche der Glastafel anzubringen.

Sehr schön nimmt sich das elektrische Licht im verdünnten Raume aus. Um euch Dies zu zeigen, bedarf ich etwa eines solchen Apparates, wie ihr ihn in Fig. 246 erblickt. Derselbe besteht aus einem elliptisch-gewölbten Glase. Die eine der beiden Metallfassungen ferner, welche an den Enden befestigt sind, ist mit einem Hahne begabt und kann ohne besondere Mühe auf den Teller einer Luftpumpe geschraubt werden; die andere hingegen ist so vorgerichtet, daß wir den Knopf b′ eines Messingdrathes, der durch eine Lederbüchse geht, einem zweiten Knopfe, b, beliebig nähern können. Angenommen, der Apparat sei möglichst luftleer gemacht; dann dürfen wir nur den Konduktor, um die Elektricität überströmen und das ganze Gefäß mit einem lebhaften, bläulichen Lichte erfüllt zu

Fig. 246.



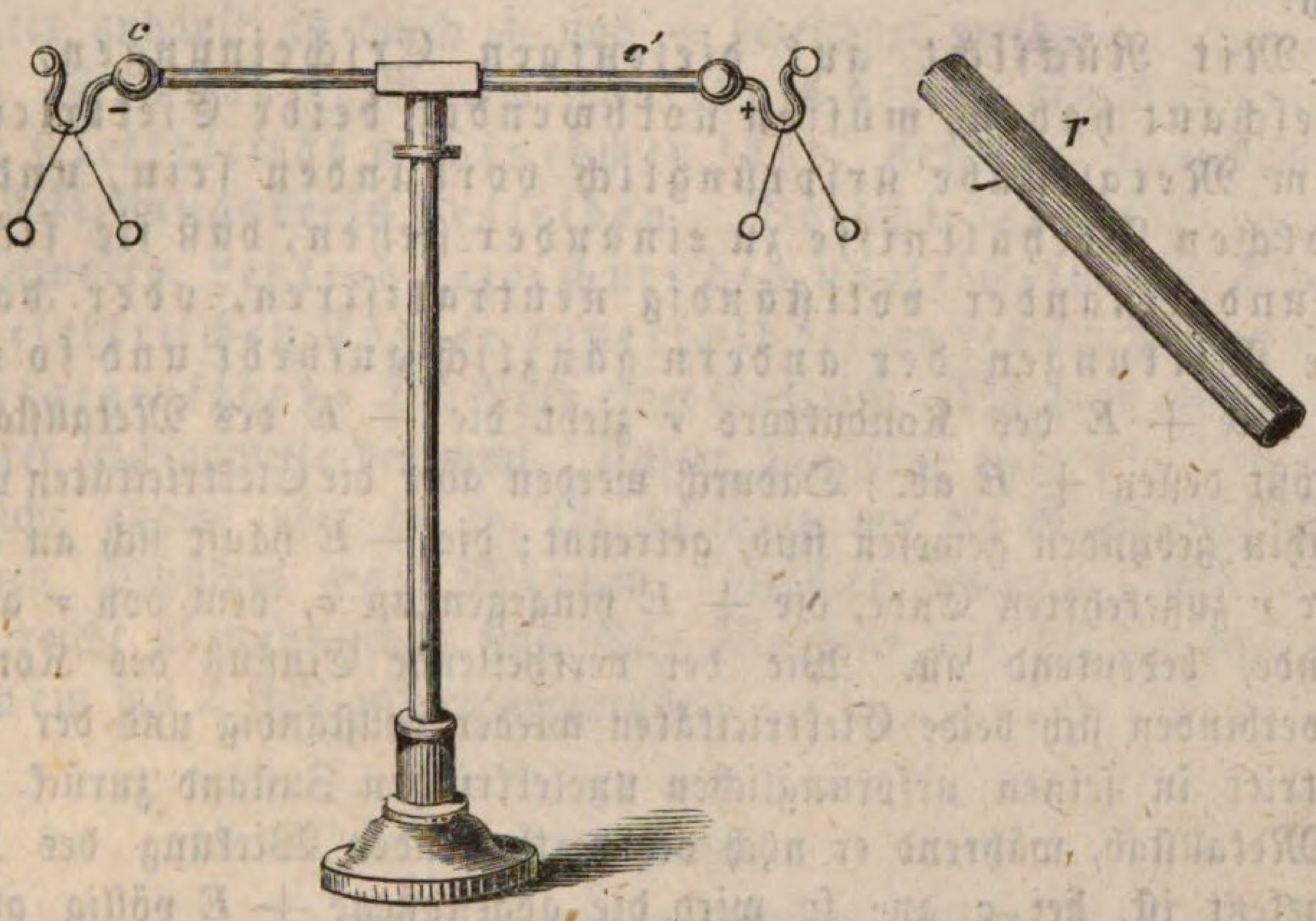
sehen, mit dem Messingdrathe verbinden. Das beschriebene Experiment läßt übrigens noch manche Abänderungen zu. Nähern wir z. B. dem Glasgefäße einen leitenden Körper, so wird das Licht nach dieser Seite hingezogen und hier zugleich heller; lassen wir ferner durch den Hahn etwas Luft einströmen, so bilden sich zwischen *b* und *b'* Bogen von purpurfarbigem Lichte; kommt endlich immer mehr Luft in den innern Raum, so geht jenes schöne Licht allmälig in einen gewöhnlichen elektrischen Funken über.

§. 7.

Die vertheilte Elektricität.

Der wichtigste Theil desjenigen Apparates, dessen ich mich nun bedienen werde, um abermals neue elektrische Erscheinungen hervorzurufen, ist ein Metallstab, *cc* (Fig. 247), der auf einer gläsernen Säule horizontal ruht und

Fig. 247.



an jedem seiner beiden hakenförmigen Enden ein Pendelpaar trägt. Die kleinen Kugeln von Hollundermark sind hier, damit zwischen ihnen und dem Stabe die leitende Verbindung nicht fehle, an leinene Fäden geknüpft. Noch ist *cc'* ohne die geringste Spur von Elektricität. Ich trage nun den ganzen Apparat bis zu dem Konduktor *r* hin; hüte mich aber sorgfältig, ihn demselben so nahe zu bringen, daß er ihm seine Elektricität mittheilen kann. Hierauf wende ich meinen Blick den Elektroskopen zu. Und so nehme ich denn wahr, daß die Kügelchen der beiden End-Elektroskope einander fliehen, hingegen bei dem dritten Elektroskope, das ich in der Nähe der Glassäule aufgehängt habe, fast in völliger Ruhe verharren. Ich ziehe meinen Apparat wieder zurück. Was ich dabei beabsichtige, liegt offen da; »oder fällt es euch vielleicht nicht auf, daß jetzt auch die Korkkügelchen der End-Elektroskope jedes Zeichens von Elektricität entbehren?« Alle diese Erscheinungen sind wirklich zu räthselhaft, als daß ich nicht noch mehr experimentiren sollte. So bringe ich denn meinen

Apparat zum zweiten Male in die Nähe von *r*, untersuche, während er sich dort befindet, die Elektricität des Metallstabes *cc'*, und finde, daß *c*, also das dem Konduktor *r* abgekehrte Ende, mit demselben gleichartige, hingegen *c'*, das dem Konduktor *r* zugekehrte Ende, mit ihm ungleichartige Elektricität besitzt. — Als ich meinen Apparat das erste Mal von *r* zurückgezogen hatte, war die Elektricität des Metallstabes gänzlich dahin; lasset uns nun untersuchen, wie es dann mit ihm steht, wenn ich, während er noch in der Nähe des Konduktors verweilt, *c* oder *c'* mit der Hand umfasse! Die Berührung ist erfolgt. Und sehet! der Metallstab behält, selbst von dem Konduktor weit entfernt, seine Elektricität; ja ein mit einer bekannten Elektricität begabtes Pendel lehrt uns sogar, daß diese die Elektricität des unangefaßt gebliebenen Stabendes ist. Wer endlich darüber, ob denn der Konduktor durch den Einfluß, welchen er auf *cc'* äußert, nichts von seiner Elektricität verliert, Aufschluß erlangen will, befestige auf ihm das Henly'sche Quadrant-Elektrometer, und er wird finden, daß derselbe wirklich, den Verlust abgerechnet, den die Berührung mit der Luft nothwendig mit sich führt, alle Elektricität behält. — Höret nun!

»1. Mit Rücksicht auf diejenigen Erscheinungen, welche wir angeschaut haben, müssen nothwendig beide Elektricitäten a) in dem Metallstabe ursprünglich vorhanden sein, und b) in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, daß sie sich verbinden und einander vollständig neutralisiren, oder daß die **eine** die Wirkungen der andern gänzlich aufhebt und so umgekehrt.« Die $+E$ des Konduktors *r* zieht die $-E$ des Metallstabes *cc'* an und stößt dessen $+E$ ab. Dadurch werden aber die Elektricitäten von *cc'*, die bis dahin gebunden gewesen sind, getrennt; die $-E$ häuft sich an *c'*, dem Konduktor *r* zugekehrten Ende, die $+E$ hingegen an *c*, dem von *r* abgewendeten Ende, bedeutend an. Wie der vertheilende Einfluß des Konduktors aufhört, verbinden sich beide Elektricitäten wieder vollständig und der Metallstab *cc'* tritt in seinen ursprünglichen unelektrischen Zustand zurück. Fassen wir den Metallstab, während er noch der vertheilenden Wirkung des Konduktors ausgesetzt ist, bei *c* an; so wird die abgestoßene $+E$ völlig abgeleitet und es bleibt in *cc'* nur die von *r* angezogene $-E$ zurück.

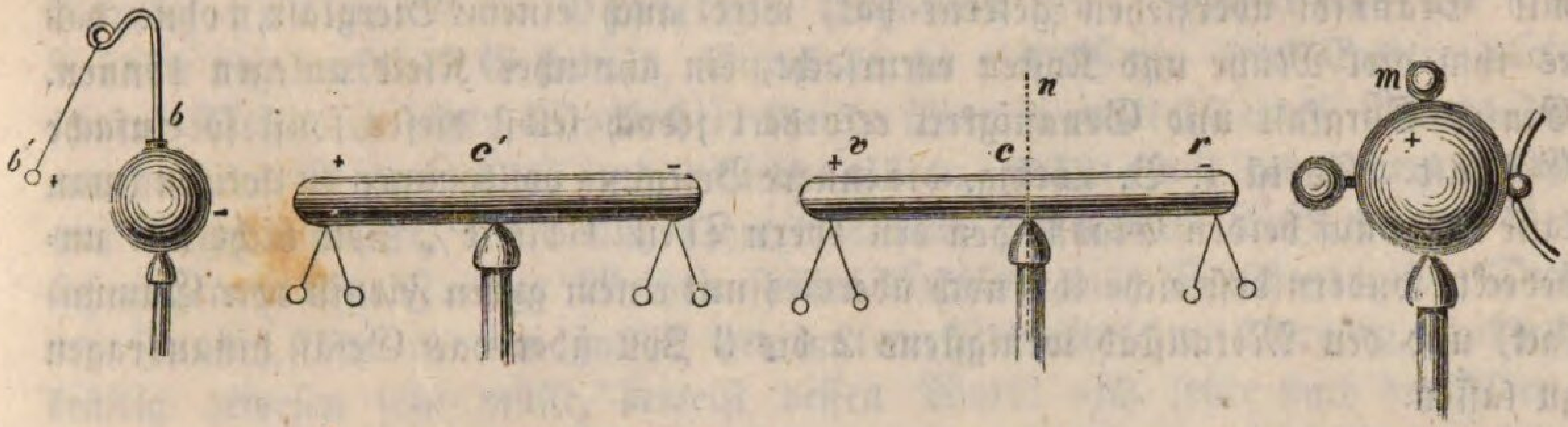
»2. Alles, was wir an dem Metallstabe *cc'* beobachtet haben, findet sich mehr oder minder deutlich auch bei jedem andern Leiter, der einen elektrischen Körper auf ähnliche Weise, nämlich isolirt, nahe geführt wird.«

»3. Zufolge obiger Erscheinungen nehmen wir einen **natürlichen elektrischen Zustand** sämmtlicher Leiter an, d. h. einen, solchen, während dessen beide Elektricitäten zwar da sind, aber keine Wirkungen zeigen.« Gewöhnlich heißt die so verborgene Elektricität die gebundene, $\pm E$. So haben wir denn auch kennen gelernt, daß das Reiben, welches uns bisher ein Mittel zur Hervorrufung beider Elektricitäten zu sein schien, blos dazu dient, sie zu trennen und jede derselben besonders wahrnehmen zu lassen.

»4. Ein Körper, der, wie der Metallstab *cc'*, durch Vertheilung elektrisch geworden ist, wirkt seinerseits auf einen an-

dern, den wir ihm genügend nahe gebracht haben, wieder vertheilend, kurz so, wie es die 248ste Figur anschaulich zeigt.« Die

Fig. 248.



Kugel *m* stellt den Konduktor einer Elektrisir-Maschine, *c* den ersten und *c'* den zweiten isolirten Metallstab, *b* ferner eine Metallkugel mit gläsernem Fuße und *b'* eine kleine Kugel von Hollundermarke dar. Welche der beiden Elektricitäten nun sich an den verschiedenen Stellen des zusammengesetzten Apparates anhäuft, ist durch + und — bezeichnet worden.

»5. Den ganzen Raum, innerhalb dessen ein Körper Spuren seiner Elektricität wahrnehmen läßt, nennen wir den **elektrischen Wirkungskreis** desselben. Verschieden hiervon ist seine **Schlagweite**. Letztere bezeichnet den ungleich kleinern Raum um einen elektrischen Körper, innerhalb dessen jedem Leiter ein Funken entgegenfährt.« Die Güte einer Elektrisir-Maschine wird hauptsächlich nach ihrer Schlagweite bestimmt. Unsere Maschine giebt höchstens vierzöllige, so manche andere aber 6-, 8-, 12-, ja sogar, wie die Riesenmaschine des holländischen Physikers van Marum, 24zöllige Funken. Für gewöhnliche Zwekke reicht übrigens schon eine solche Maschine aus, bei der uns die Funken von einem bis 2 Zoll entgegengesprühen.

§. 8.

Die verstärkte Elektricität.

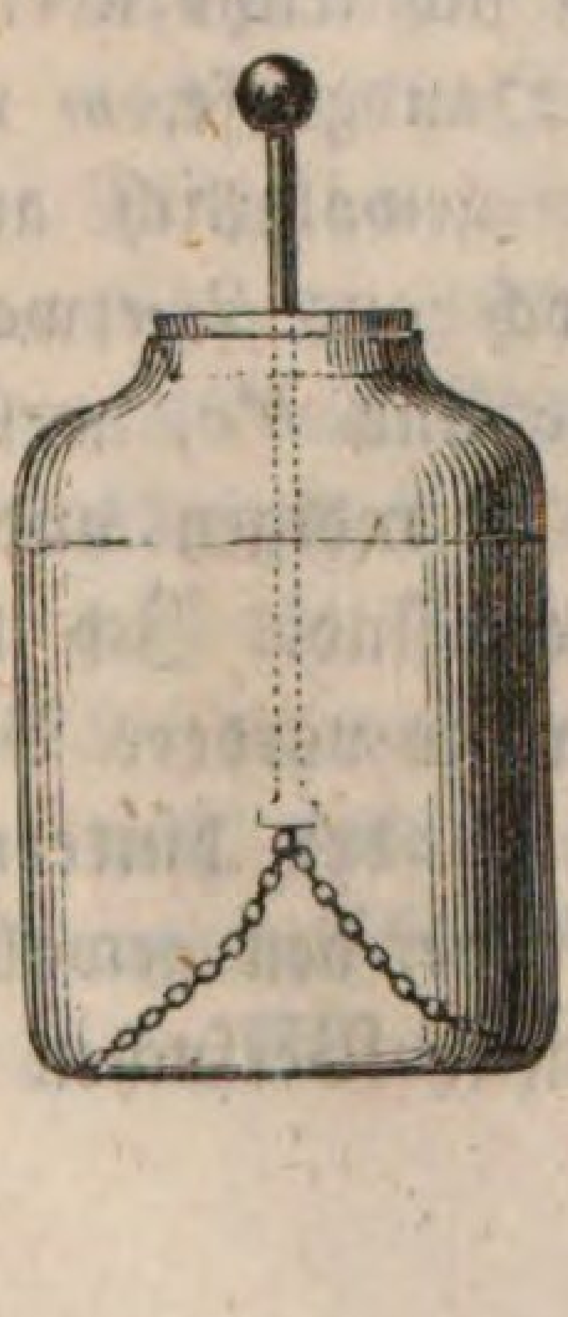
a. Die einzelne Flasche.

Nachdem ich noch ein Mal gezeigt habe, in welcher Stärke die Funken aus dem Konduktor einer Elektrisir-Maschine strömen, betrachte Jeder dieses einfache, der Größe, Gestalt und dem Stoffe nach einem gewöhnlichen Bierglase gleichende Gefäß! Zwei andere, ihm ähnliche Gefäße veranschaulichen die 249ste und 250ste Figur. Wodurch sie sämmtlich unsere Blikke auf sich lenken, ist das silberweiße Kleid, das ihnen wenigstens auf der äußern, meist auch noch auf der innern Fläche (anstatt des innern Ueberzuges füllt man sie zuweilen mit Eisenfeile an) zur Dekke

Fig. 249.



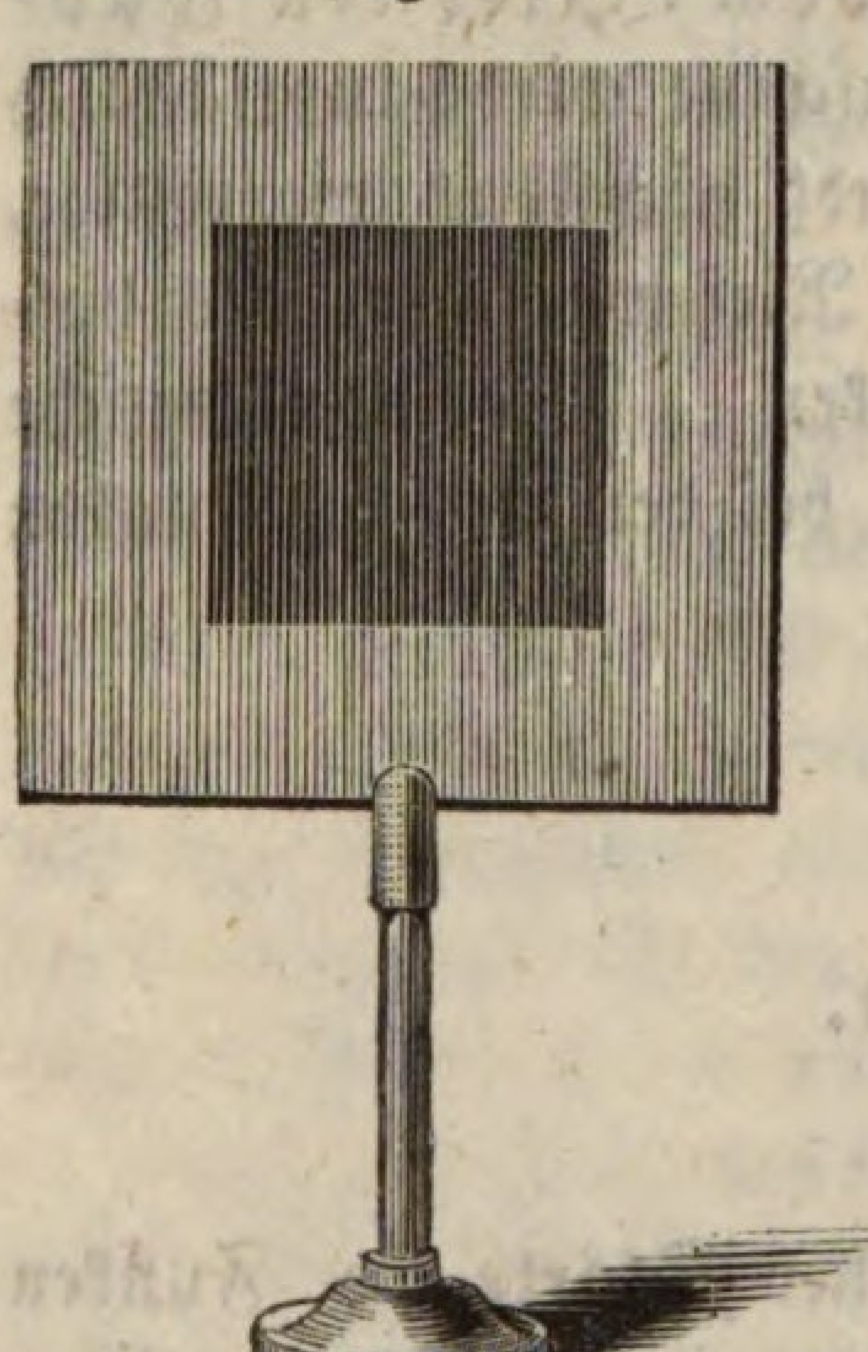
Fig. 250.



dient, und der runde Metallstab, der sich oben in einen Knopf endet, weit in sie hinabgeht und mit der innern Belegung auf irgend eine Weise in leitender Verbindung steht. Wer einen Konduktor von Holz oder Pappe mit Stanniol überziehen gelernt hat, wird auch einem Bierglase, ohne daß es ihm viel Mühe und Kosten verursacht, ein ähnliches Kleid anlegen können. Einige Sorgfalt und Genauigkeit erfordert jedoch selbst dieses sonst so einfache Geschäft. Es ist z. B. nöthig, die innere Belegung vollkommen zu isoliren (man lasse daher auf beiden Glasflächen den obern Theil 1 bis 1½ Zoll nicht nur unbedeckt, sondern bestreiche ihn noch überdies mit einem guten Firniß von Gummilack) und den Metallstab wenigstens 2 bis 3 Zoll über das Gefäß hinausragen zu lassen.

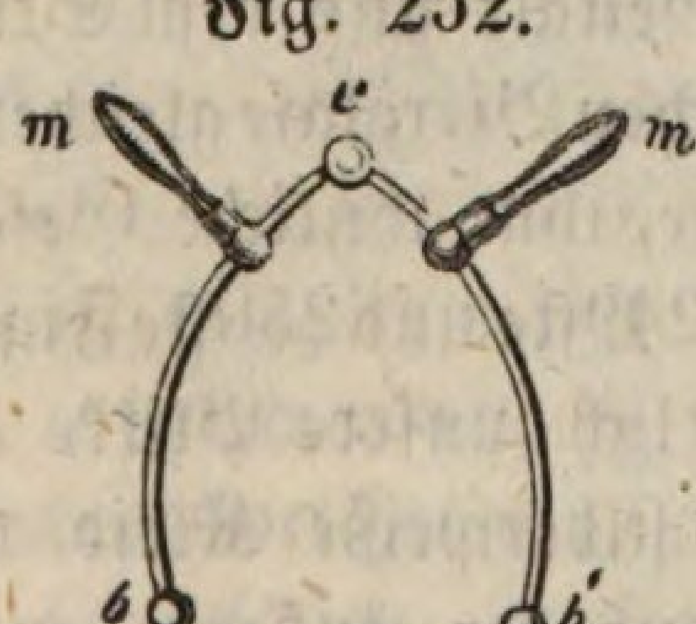
Während ich nun die Maschine mit der einen Hand bewege, umfasse ich mit der andern das beschriebene Gefäß an seiner äußern Belegung, und bringe den Metallknopf so nahe zu dem Konduktor hin, daß derselbe an die innere Belegung alle von der Scheibe empfangene Elektricität wieder abgiebt. Um weiter zu erfahren, wie es wol jetzt mit meinem Gefäße steht, nähere ich dem Knopfe des Metallstabes einen meiner Finger; und sehet! ein Funken, ungleich kraftvoller, als ihn je der Konduktor geben kann, fährt aus ihm hervor und verleiht mir einen höchst empfindlichen Schlag. Hätte ich nicht schon gewußt, wie es mir ergehen würde; so konnte mir das Gefäß, weil ein solcher Schlag allzu sehr überrascht, leicht entfallen und in Stükke zerspringen. —

Fig. 251.



Ich wiederhole das Experiment, gebrauche aber statt jenes Gefäßes diese hier gleichfalls abgebildete Glastafel (Fig. 251). Sie heißt gewöhnlich die Franklin'sche Tafel. Warum man dieselbe auf beiden Seiten mit Stanniol belegt und den Rand mit Firniß überstrichen hat, ist gewiß Jedem eben so klar, als daß ich, um ihr einen ähnlichen Funken mit lebhaftem Lichte und ziemlich starkem Knalle zu entlokken, die eine Belegung mit dem Konduktor, die andere mit dem Boden in leitende Verbindung setzen und dann die Scheibe meiner Elektrisir-Maschine fleißig drehen muß. Beides ist geschehen. Befürchtend, es könne mir die Tafel, auf vorige Weise entladen, irgend einen Nachtheil zuführen, greife ich nach dem Henly'schen Entlader, dessen Einrichtung sich leicht übersehen läßt. Außer einem isolirenden Handgriffe, *m* und *m'* (Fig. 252), den die Künstler gewöhnlich aus Glas bereiten, besteht er nur noch aus 2 etwas starken, bogigen Metalldräthen, *bc* und *b'c*, welche in eine Messingkugel, *b* und *b'* endigen und bei *c* durch ein Charnier verbunden sind. Ich lege nun die eine Kugel, etwa *b*, an die vordere Belegung der Tafel, und habe, indem ich der hintern Seite derselben die andere, *b'*, immer mehr nähere, die Freude, den gewaltigen Funken hervorsprühen zu sehen. — Bevor ich mit meinen Versuchen fortfahre, merket!

Fig. 252.



»1. Diejenige Elektricität, deren schrekkenerregende Wirkungen wir 2 Mal angeschaut haben, heißt die **verstärkte** und wurde i. J. 1745 fast zu gleicher Zeit von dem Domherrn **von Kleist** zu Camin und von den Physikern **Cunäus** und **Muschenbroek** in Leiden entdeckt.« Gesonnen, Eisenfeile zu elektrisiren, that Ersterer diese feinen Körper in einen Glasbecher, theilte ihnen vermittels eines Nagels die wunderbare Materie mit, und erhielt, als er zufällig mit der andern Hand den Nagel berührte, den unangenehmen Schlag. Aehnliche Versuche und Erfahrungen machten einige Wochen später Cunäus und Muschenbroek. Daß der Funken, der in den zuletzt genannten Naturforscher überging, äußerst kräftig gewesen sein müsse, beweist dessen Wort: »ich setzte mich demselben, auch wenn mir die Krone Frankreichs angeboten würde, nicht zum zweiten Male aus.« Die Namen: »Leidner und Kleist'sche Flasche,« welche das neue Gefäß früher geführt hat, deuten zwar recht schön auf seine Erfinder hin, sind aber doch später durch die Benennungen: »Verstärkungsflasche und Verstärkungs-Apparat,« fast ganz verdrängt worden.

»2. Aus Gründen, die hier noch nicht mitgetheilt werden können, dürfen wir die Flasche oder die Tafel nie übermäßig mit Elektricität anhäufen.« Wer wissen will, ob diese Geräthschaften genügend geladen sind, oder nicht, sehe zu, wie es mit den Funken steht, welche in sie überspringen! Matte Funken sind stets ein sicheres Kennzeichen, daß sie entladen sein wollen. —

Als ich mein Gefäß zum ersten Male mit Elektricität sättigte, brachte ich sein äußeres Metallkleid mit der Erde in leitende Verbindung; jetzt indeß stelle ich es, um jenen Theil zu isoliren, auf einen Glasteller, und bemühe mich, es ganz so, wie vorhin, mit Elektricität zu laden. Allein der Erfolg entspricht meinen Erwartungen nicht. So fleißig ich auch die Scheibe gedreht habe; so bleibt der Funken doch immer sehr matt, und giebt mir die Lehre, daß mein Gefäß, wenn ich seine äußere Belegung isolire, fast gar keine Ladung zuläßt. — Noch steht die Flasche auf dem Glasteller. Entschlossen, eine dritte Art der Ladung, jetzt aber auf einem ganz eigenthümlichen Wege, zu versuchen, leite ich eine Kette vom Reibezeuge bis zum äußern Ueberzuge hin und befreie ersteres von jeder andern Verbindung mit Leitern der Elektricität. Ein vollkommnes Gelingen krönt mein neues Geschäft; denn mein Entlader überrascht mich mit einem Funken, der mindestens so stark ist, als der zuerst von uns gesehene. — Nachdem ich die Flasche zum vierten Male geladen habe, setze ich sie auf den Glasteller und berühre wechselweise bald ihren Knopf, bald ihr äußeres Stanniolkleid. Nur schwache Funken beurkunden unter solchen Umständen ihre elektrische Wirksamkeit, und überzeugen uns, daß die Entladung auch allmälig geschehen kann. Wer für die letztere Behauptung noch einen schönern Beweis führen will, lade die Franklin'sche Tafel, und befestige auf jeder Seite derselben ein elektrisches Pendel etwa so, wie er es hier in Fig. 253 erblickt (die Tafel ist im Durchschnitte dargestellt). Während das eine Pendel

Fig. 253.



gerade herunterhängt und die Belegung berührt, wird das andere, weil sich am entgegengesetzten Ende der Tafel ein Ueberfluß von Elektricität findet, abgestoßen. Tippen wir diese Seite an; so begiebt sich das erste Pendel in die Höhe, allein das zweite kehrt in die lothrechte Lage zurück: kurz, wir haben, um die Pendel wechselsweise steigen und fallen zu sehen, nichts weiter nöthig, als die Tafel bald auf der einen, bald auf der andern Seite zu berühren. — Indem ich endlich die Flasche zum fünften Male laden will, bestimme ich vorher die Art der Elektricität, mit welcher ich sie beschenken will. Es möge die $+ E$ sein. So bringe ich das Reibezeug mit der Erde in leitende Verbindung, schreite dann zur Ladung selbst und setze zuletzt die Flasche auf eine sie isolirende Unterlage. Anstatt die schwachen Funken, die jede Belegung für sich allein giebt, wie vorhin, in meine Hand überströmen zu lassen, rufe ich sie nach einander in diese kleine, von allen Leitern entfernte Metallscheibe und prüfe ihre Elektricität. »Und was ist hiervon das Resultat?« Sämmtliche Funken, die aus dem Knopfe des Metallstabes kommen, sind positiv, die andern hingegen, welche die äußere Belegung fahren läßt, negativ elektrisch. — »Was sagen nun die gelehrten Physiker zu allen diesen Erscheinungen?« kurz Folgendes:

Theilt man der innern Belegung irgend eine Art Elektricität, beispielsweise die positive, mit; so bildet sich augenblicklich in der Glasmasse ein Wirkungskreis, der fast eben so schnell die gebundenen Elektricitäten (das Zeichen für dieselbe ist $\pm E$) der äußern Belegung erreicht und auf sie seinen vertheilenden Einfluß ausübt. Ist nun die äußere Belegung nicht isolirt; so strömt ihre $+ E$ in den Boden über, und die $- E$ verbreitet sich über die ganze Fläche. Die letztere Elektricität wirkt aber bindend auf die $+ E$ der innern Belegung, oder auch umgekehrt. Nur deshalb nimmt die Flasche von dem Konduktor aufs neue Elektricität an. Warum jedoch die Ladung blos bis zu einem gewissen Grade festgesetzt werden darf, liegt in der elektrischen Schlagweite. Diese erweitert sich offenbar mit jedem Funken, den die Flasche empfängt, und erreicht, wenn die Ladung allzu lange fortgesetzt wird, die äußere Belegung. Eine schrekkenerregende, gewöhnlich mit der Zertrümmerung der Flasche verbundene Selbstentladung ist die Strafe einer solchen Unvorsichtigkeit. Nicht minder leicht läßt es sich erklären, daß die Flasche, während sie auf dem Glasteller stand, zuerst äußerst wenig, dann aber, als nämlich ihre äußere Belegung mit dem Reibezeuge leitend verbunden worden war, sehr viel Elektricität annahm. Ist die äußere Belegung isolirt; so kann weder ihre $+ E$ abströmen, noch ihre $- E$ mit der $+ E$ der innern Belegung in gegenseitige Verbindung treten. Wie aber bei einem Verdünnungs-Apparate alles Pumpen vergeblich ist, wenn die innere Luft die Klappe nicht mehr heben kann, so bei einer Elektrisir-Maschine, deren Verstärkungsflasche die entgegengesetzten Elektricitäten nicht mehr bindet, jedes fernere Drehen der Scheibe. — Findet zwischen der Flasche und dem Reibezeuge eine leitende Verbindung Statt, so strömt alle von der äußeren Belegung hinweggetriebene $+ E$ den Kissen zu; diese verleihen sie weiter unmittelbar der Scheibe und mittelbar der innern Belegung der Flasche. Kaum bedarf es nun noch einer Erläuterung der übrigen hierher gehörigen Erscheinungen. Stellt man z. B. die Flasche, nachdem man sie in gewöhnlicher Weise geladen hat, auf einen

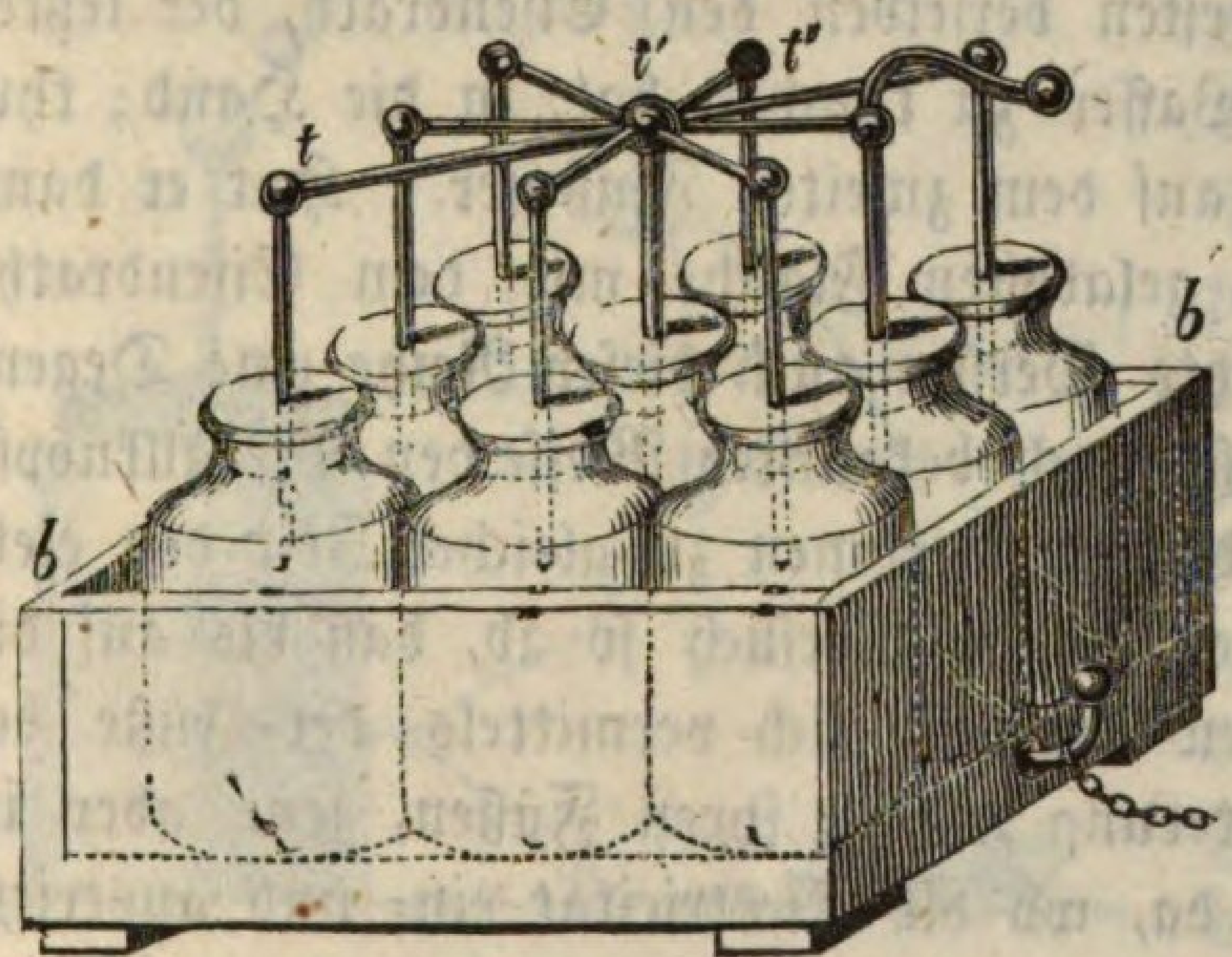
Glasteller und nähert dann nur dem Knopfe einen Finger; so erhält man auch blos den Ueberschuß, d. h. die freie Elektricität der innern Belegung. Hierdurch schwächt man aber die Bindung der äußern Belegung so, daß uns nun auch auf dieser Seite, wofern wir ihr nahe genug kommen, ein kleiner Funken entgegensprüht. Wie jener erste Funken auf die Bindung der äußern Belegung einwirkt, so dieser auf die Bindung der innern, und es zeigt daher der Knopf aufs neue Elektricität. Diese gegenseitige Schwächung geht zwar langsam, aber ununterbrochen fort, und hört erst auf, wann die Flasche ihre Elektricität fäst ganz verloren hat.

b. Die elektrische Batterie.

Je größer die belegte Oberfläche einer Verstärkungsflasche ist, desto mehr wirkt auch der aus ihr hervorgerufene Funken. Daß die Kraft noch furchtbarer sein müsse, wenn 2, 3 und mehrere Flaschen ihre Funken gleichsam zu einem Funken vereinigen, bedarf nicht erst eines Beweises. »Wie aber bringen wir eine solche Verbindung zuwege?«

Ihr seht hier einen Kasten mit 9 Verstärkungsflaschen; ferner, daß seine Unterlage mit Stanniol belegt und daß um die Metalldräthe der Gefäße eine Kette gewunden ist. Wie jene Kastendekke die äußere Belegung leitend verbindet, so diese Kette die innere derselben. So ist es denn offenbar eben so gut, als hätte ich jetzt nur eine Flasche, deren Ueberzug aber an Größe den Belegen aller Flaschen gleich kommt. Wie die leitende Verbindung noch anders bewerkstelligt werden kann, zeigt die hier beigefügte 254ste Figur. Jede solche Verbindung von Verstärkungsflaschen nennen wir eine elektrische Batterie. Beabsichtigt man, die Batterie zu laden; so bringe man das freie Ende der Kette, welche die Metallstäbe der Flaschen umschlingt, mit dem Konduktor, eine andere Kette aber, die von dem metallnen Ueberzuge des Kastens ausgeht, mit der Erde in leitende Verbindung. Die Ladung selbst bewerkstellige man auf die bekannte Weise. Um wenigstens einiger Maßen beurtheilen zu können, wie weit sie vorgeschritten sei, richte man sich nach folgenden Verhaltungsmaßregeln: 1. zähle man bei jedem Versuche, damit man gleichsam eine Vorschrift für den nachfolgenden erhalte, die Umschwünge der Scheibe; 2. stelle man auf den Konduktor das Quadrant-Elektrometer, und sehe wohl zu, welche Sättigungsgrade es allmälig anzeigt (es steigt zwar bei der Ladung einer Batterie weit langsamer, als wenn man blos den Konduktor elektrisirt; allein man kann sich doch aus seinem Stande bei dem ersten Versuche eine Regel für den zweiten, dritten u. s. w. bilden); 3. lege man über den Drath, der die innern Belegungen leitend verknüpft, ein Metallstäbchen, das an jedem

Fig. 254.



Ende eine Kugel von $1/4$ Zoll Durchmesser trägt und aus der Batterie beiderseits 2 Zoll hervorragt, und prüfe von Zeit zu Zeit, in welcher Entfernung aus einer dieser kleinen Kugeln irgend einem Leiter der matte Funken entgegenfährt (wie die Entfernung, so die Ladung); endlich 4 höre man fein zu, ob sich zwischen den Flaschen ein Knistern bemerklich macht, und säume, falls es so sein sollte, keinen Augenblick, die Batterie zu entladen (ein solches Knistern ist nämlich ein sicheres Merkmal von einer übermäßigen Ladung, oder auch wol von einer schadhaft gewordenen Flasche).

§. 9.

Einige vermittels der Verstärkungsflasche oder der elektrischen Batterie leicht anzustellende Versuche.

Erster Versuch. — So viel Menschen immerhin in dieser Stube sind, so können sie doch alle in demselben Augenblikke den elektrischen Schlag empfinden. Hierdurch wird nur erfordert, sie in einen Kreis stellen, vermittels der Hände sich anfassen und den einen Flügelmann die äußere Belegung, den andern den Metallknopf berühren zu lassen. Das Experiment gelingt selbst dann, wenn die eine Hälfte der Menschenmenge an dem dies-, die andere an dem jenseitigen Ufer eines Flusses steht. Wer sich auch hiervon überzeugen will, rammele 1. auf jedem Ufer einen Pfahl in die Erde; spanne 2. zwischen beide Pfähle einen langen, jedoch das Wasser nicht berührenden Eisendrath; lasse 3. alle Personen, welche sich auf dem einen Flußufer befinden, eine Reihe bilden, sich anfassen und gebe der ersten derselben den Eisendrath, der letzten aber eine Degenklinge, die sie ins Wasser zu tauchen hat, in die Hand; thue 4. ganz Dasselbe mit den Personen auf dem zweiten Flußufer. Hat er dann hier die äußere Belegung einer stark geladenen Flasche mit dem Eisendrathe leitend verbunden; hält ferner die letzte Person auch dieser Reihe eine Degenklinge in den Fluß und berührt die erste nach bekannter Weise den Metallknopf: so fühlen alle auf beiden Ufern befindlichen Personen zu gleicher Zeit den elektrischen Schlag. — Aendert man den ersten Versuch so ab, daß bis auf die beiden Flügelleute der Kette alle andern Personen sich vermittels der Füße berühren; so empfinden diese die Erschütterung nur in ihren Füßen, jene aber in einem Arme und Fuße zugleich, kurz da, wo die Elektricität ein- und austritt. Unterbricht man die Verbindungskette an einigen Stellen, doch so, daß keine zu bedeutenden Zwischenräume entstehen; so erhalten abermals Alle den Schlag, und die Elektricität geht bei den unterbrochenen Stellen, was hier das Beachtenswertheste ist, in einem Funken über. Ganz anders ist der Erfolg, wenn sich die Zwischenpersonen vermittels ihrer Füße berühren, und wenn dieselben wenigstens bei der einen Person durch einen langen Metallstreifen leitend verbunden sind. In einem solchen Falle läßt nämlich die Elektricität sämmtliche Personen jenseit des Metallstreifens gewöhnlich unangetastet und verfolgt lieber den andern, ihr durch denselben vorgezeichneten Weg.

Zweiter Versuch. — Bei diesem Thürmchen, welches hier auch abgebildet und mit *aa* bezeichnet worden ist (Fig. 255), beachte man vorzugs-

weise: 1. daß es aus Holz besteht; 2. daß das spitz zulaufende Dach abgenommen werden kann; 3. daß ein Metalldrath, *c d*, der sich unten und oben in metallne Knöpfe endigt, über das Dach hervorragt und weit in das Thürmchen hinabreicht; 4. die Schale *e e*, welche sich wenige Linien unter *d* befindet und mit Aether oder Weingeiste angefüllt ist; endlich 5. die Leitung bei *F*. Bringe ich nun das äußere Kleid einer geladenen Flasche mit *F*, deren Metallknopf aber mit der kleinen Kugel *c* des Drathes im Häuschen, und zwar letztere durch den Henly'schen Entlader, in leitende Verbindung; so schlägt der Funken an *c d* hinab und entzündet die leicht brennbare Flüssigkeit. Auch dieser schöne Versuch läßt mancherlei Abänderungen zu. Es kann z. B. ein solches Thürmchen mit einer blechernen Pistole versehen und durch den Pfropf der letztern sein leichtes Dach weggeschlagen werden. Abgesehen von der Spielerei mit dem Thürmchen, stelle man die elektrische Pistole und die Verstärkungsflasche so zu einander, wie es das hier beigefügte Bild (Fig. 256) genügend veranschaulicht: man befestige also an den scheerenförmigen Entlader 2 Dräthe, *a* und *b*, von denen der eine, *a*, an den Knopf der Pistole, der andere aber, *b*, unmittelbar zu dem äußern Kleide der Flasche führt; man bringe ferner durch einen dritten Drath auch die Pistole mit der äußern Belegung in leitende Verbindung. Soll nun anders das Knallgas in der Pistole sich entzünden, so muß der Drath *b* dünn und etwas kurz, auch gut gespannt, ferner die Schlagweite in der Pistole ziemlich ansehnlich sein. Für die Lehre vom Blitzableiter bleiben solche Versuche stets von Wichtigkeit.

Fig. 255.

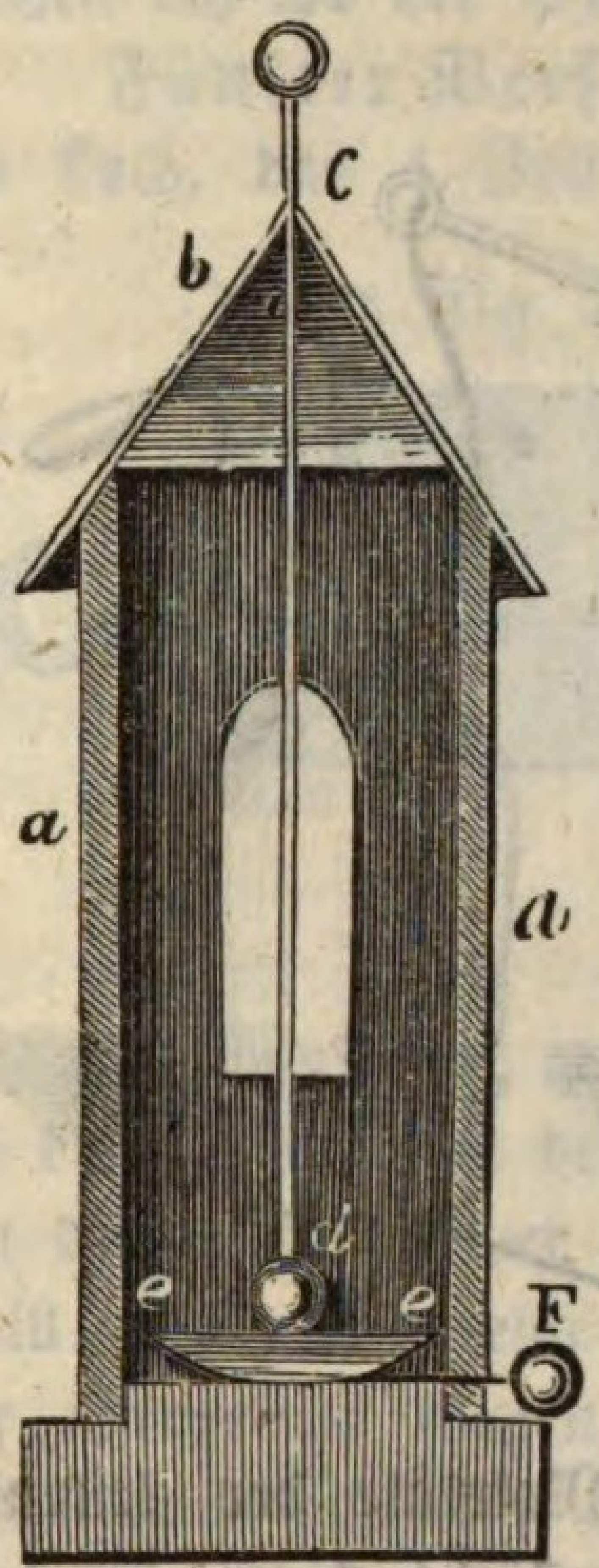
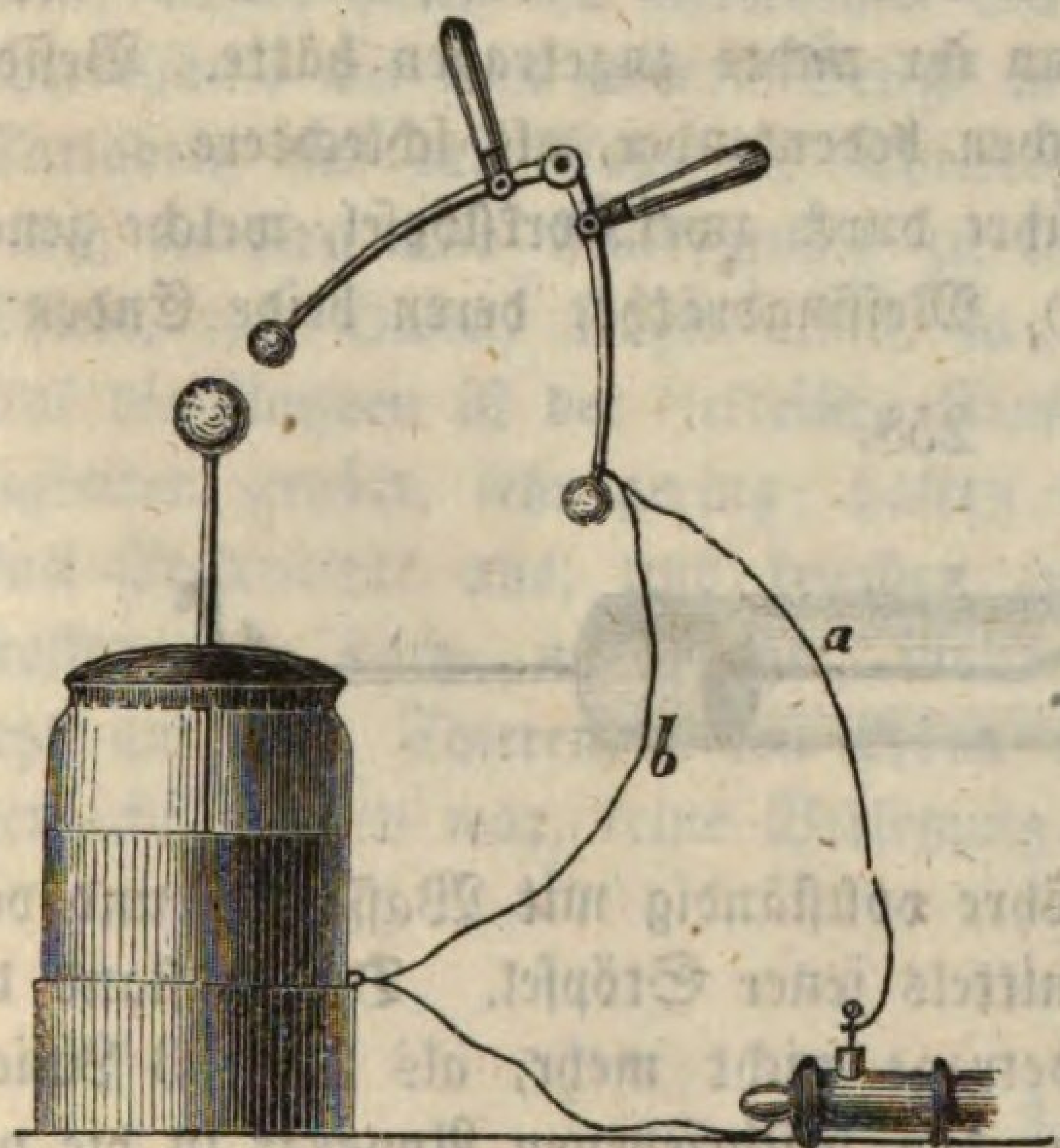


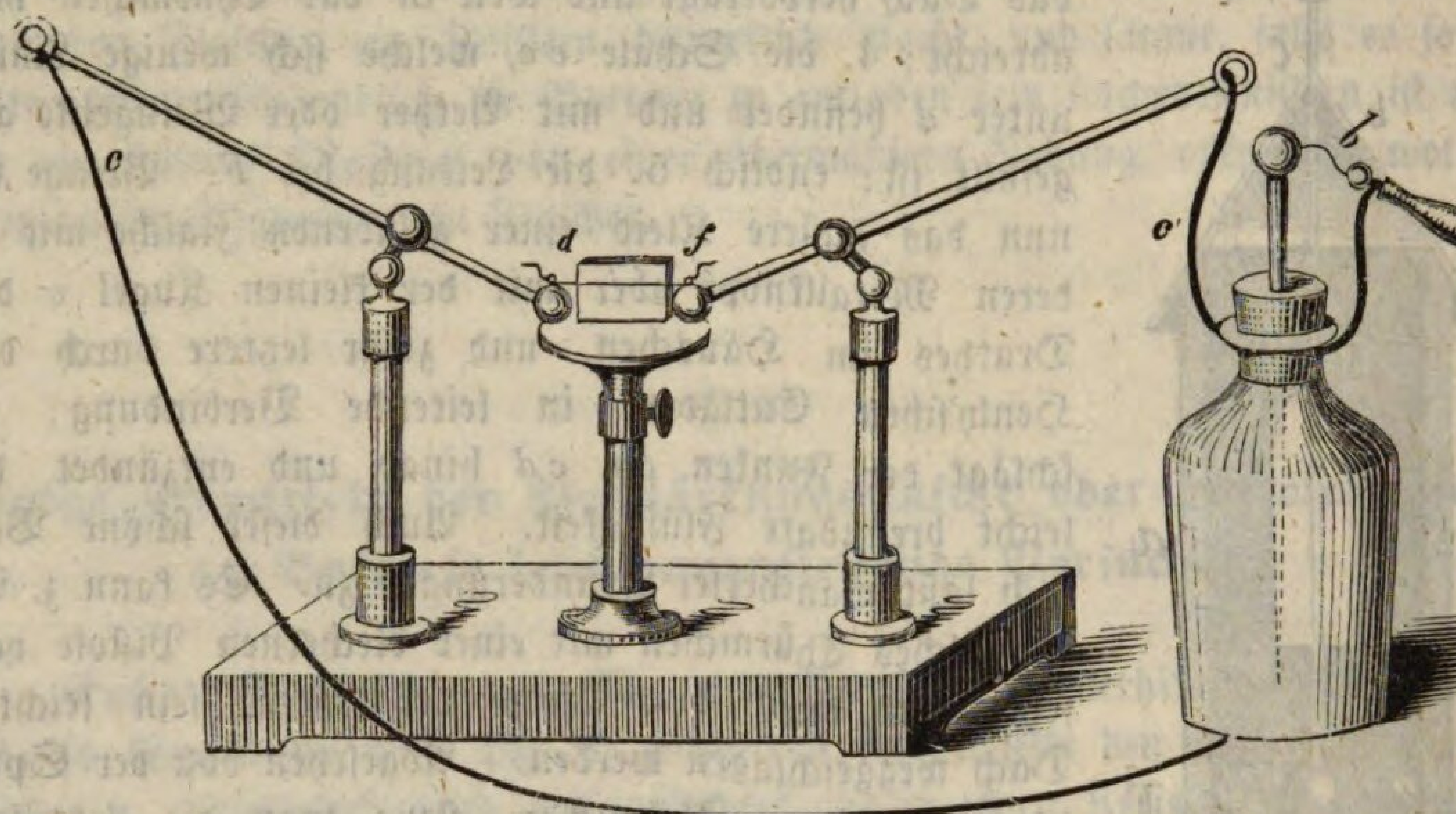
Fig. 256.



Dritter Versuch. — Verbindet man die Kugeln *d* und *f* (Fig. 257 f. f. S.) durch einen Eisendrath und läßt man durch ihn den Funken einer Batterie von etwa 20 bis 30 Quadratfuß Belegung gehen; so erhitzt er sich, weil er seiner Dünnheit wegen die große Menge Elektricität nicht schnell genug fortschaffen kann, in einem bedeutenden Grade; ja er schmilzt wol sogar und wirft seine glühenden Tropfen nach allen Seiten hin. — Hätte man ferner zwischen die Kugeln *d* und *f* einen schmalen, 3 bis 4 Zoll langen Streifen Zinnfolie gebracht, so würde sich derselbe verflüchtigt, der Dampf orydirt und lange, spinngeweb-ähnliche Fäden gebildet haben. Eine recht eigenthümliche Erscheinung bieten weiter mit Gold übersponnene Seidenfäden dar. Gleich-

zwischen die Kugeln *d* und *f* gebracht und längs der einen Seite mit einem Stück weißen Papiers berührt, zeigen sie auf die überraschendste Weise, mit

Fig. 257.



welcher Schnelligkeit der elektrische Schlag durch die Moleküle der leitenden Materie sich fortpflanzt: das Gold wird nämlich verflüchtigt und oxydirt; das Papier erhält einen leitenden Streifen von brauner Farbe; die Seide indeß ist nach-, wie vorher, ganz, als ob sich an ihr nichts zugetragen hätte. Bessere Leiter erhitzen sich bei allen diesen Versuchen bedeutender, als schlechtere.

Vierter Versuch. — Man führe durch zwei Korkstöpsel, welche genau in eine Glasröhre passen (s. Fig. 258!), Messingdräthe, deren beide Enden in

Fig. 258.



Ringe umgebogen sind, fülle die Glasröhre vollständig mit Wasser an und verschließe sie vermittels jener Stöpsel. Der Abstand der innern Ringe betrage nicht mehr, als 2 bis 3 Linien. Wenn man nun den beschriebenen Apparat in die mit dem äußern Belege und dem einfachen Entlader einschaltet; so zertrümmert der mächtige Funken die Glasröhre, so daß man, weil von ihr zuweilen Splitter fortgeschleudert werden, die nöthigsten Vorsichts-Maßregeln zu beachten hat. Wie man auch offene Gläser zersprengen kann, zeigt die 259ste Figur. Die beiden gebogenen Dräthe haften zufolge ihrer Elasticität an dem Glase, und ihre Kugeln innerhalb desselben stehen wieder nur 2 bis 3 Linien weit von einander ab. Natürlich wird auch ein solches Kelchglas mit Wasser angefüllt. Zum Gelingen des Versuches sind aber eine ziemlich starke

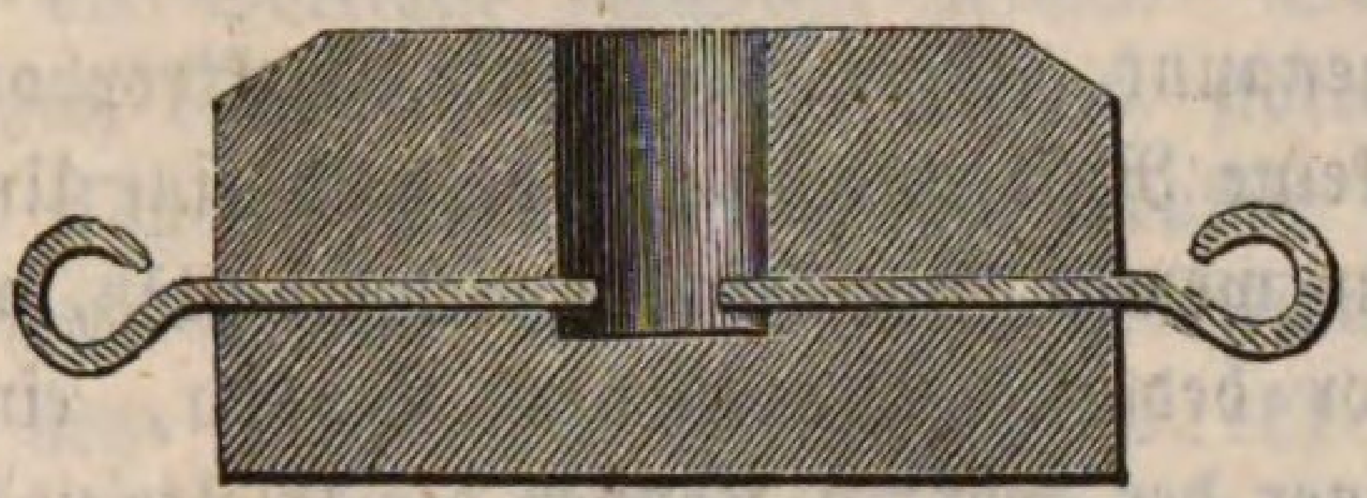
Fig. 259.



Ladung und 3 bis 4 Quadrat-Fuß Belegung erforderlich. Erfolgt der Uebergang plötzlich, also nicht, wie die Figur zeigt, allmälig; so wird das Glas zuweilen da, wo der Stiel desselben beginnt, abgebrochen.

Fünfter Versuch. — Man bohre in ein Klötzchen von hartem Holze ein Loch, das 1 Zoll Tiefe und etwa $1/2$ bis 1 Zoll Weite besitzt (Fig. 260), begabe es mit lose aufgeschüttetem Pulver, und verschließe es, jedoch nicht zu fest, vermittels eines Korkpfropfens; dann stekke man durch kleinere Seitenlöcher 2 Messingdräthe, die gut passen, nicht über 1 Linie dick und höchstens 2 Linien von einander entfernt sind; endlich knüpfe man an den einen Drath (bei dem andern ist Dies nicht nöthig) einen gewöhnlichen, gut durchnäßten, 3 bis 5 Zoll langen Bindfaden und erst an diesen die Kette des bekannten Entladers. In dem Augenblick, da der Funken das Schießpulver entzündet, wird natürlich der Korkpfropfen fortgeschleudert. Will man auf dieselbe Weise Schießbaumwolle anbrennen; so hat man nur dafür Sorge zu tragen, daß sie zwischen die Dräthe komme. Der letztere Versuch eignet sich selbst für die schwächsten Maschinen.

Fig. 260.



Sechster Versuch. — Gesonnen, Vögel, Mäuse und ihnen ähnliche kleine Thiere durch den elektrischen Schlag zu tödten, setze man das Ende der Wirbelsäule mit dem äußern Belege in Verbindung, halte die eine Kugel des Entladers auf den Kopf des Thieres, und nähere die andere, um den Funken durch Gehirn und Rükkenmark zu leiten, dem innern Belege möglichst schnell. Thiere, wie Hasen, Katzen u. s. w, erfordern schon ziemlich starke Apparate. Auf die Raupen ist der elektrische Einfluß, was mit zu deren vielen Merkwürdigkeiten gehört, sehr gering; halten die Vielfräße doch sogar den Schlag der Luft-Elektricität aus, und kriechen zuweilen an Bäumen, welche der Blitz getroffen hat, nach-, wie vorher, munter auf und ab. Uebrigens haben wir bisjetzt an allen Thieren, deren Leben durch einen elektrischen Schlag ein Ende gemacht worden war, keine Verletzung der Organe entdekken können.

§. 10.

Der Elektrophor oder Elektricitätsträger.

Der Elektrophor ist noch bei Weitem einfacher, als die Elektrisir-Maschine, bietet aber des Nützlichen und des Interessanten wol eben so viel dar. Wer sich ihn selbst anfertigen will, verschaffe sich zuerst eine Mischung, die etwa aus 5 Theilen Schellack, 1 Theile Wachs und 1 Theile Terpentin besteht; sorge ferner für eine Blechscheibe, die ungefähr 1 Fuß im Durchmesser hält, rund und rings herum mit einem aufwärts stehenden, 3 bis 4 Linien hohen Rande begabt ist; werfe weiter jene Harzmasse in einen Tiegel, mache sie flüssig, gieße sie in die Scheibe, und bewege über letzterer, während sie in den festen Zustand zurückkehrt, ein glühendes Plätteisen bald nach dieser, bald nach jener Seite

hin (nur dadurch kann der Guß eine ebene, fast spiegelglatte, von keinen Blasen und Spalten entstellte Oberfläche erhalten); setze endlich auf diese Masse eine wohl geebnete Scheibe von dikkem Zinn, deren Durchmesser aber 2 bis 4 Zoll kleiner ist, und versehe sie noch, damit sie isolirt abgehoben werden könne, entweder mit einem gläsernen Handgriffe, oder mit 3 recht reinen, völlig trokkenen seidenen Schnüren. Die Harzmasse allein wird der Kuchen, mit der Form vereint, aber die Unterlage, die zuletzt beschriebene Scheibe der Dekkel oder die Oberlage des Elektrophors genannt. Eine sehr gute Elektrophor-Masse ist Gutta-Percha; sie bekommt keine Risse und macht deshalb eine Umbildung nie nöthig; auch kann man für wenige Groschen so viel erhalten, als man zu einem gewöhnlichen Elektrophor bedarf. Alexander Volta, einst Professor der Physik zu Pavia und einer der größten Kenner der Elektricität, erfand i. J. 1775 das beschriebene Instrument.

Um in ihm die Elektricität zu erregen, peitscht man ihn vermittels eines Katzenfelles (es kann auch ein Fuchsschwanz sein), dessen 4 Zipfel man in die Hand nimmt, und das man bei jedem Schlage über den Kuchen wegführt. Im Winter vergesse man nicht, den Elektrophor, damit man sich nicht vergeblich abmühe, vor dem Gebrauche zu erwärmen.

Erster Versuch Die Harzplatte ist elektrisch gemacht. So setze ich denn auf sie den Dekkel isolirt, und berühre ihn, während er sich dort befindet, vermittels eines Fingers. Und sehet! ich erhalte einen Funken, der, so matt er sonst war, doch eine stechende Empfindung erzeugen konnte. Ich wiederhole meinen Versuch; theile nun aber einem Elektrometer den Funken mit und prüfe dessen Elektricität. Dieselbe ist mit der Elektricität des Kuchens gleichartig, also — *E*.

Zweiter Versuch. Nachdem ich die Elektricität aufs neue erregt habe*), bringe ich den Dekkel an seinen ursprünglichen Ort, lasse ihn einige Sekunden ruhig liegen, und hebe ihn dann, ohne aber jenen Funken herausgezogen zu haben, wieder empor. »Wie steht es wol nun mit seinem elektrischen Zustande?« So gut auch der Leiter sein möge, der zu dieser Zeit in seine Nähe kommt; so nehmen wir bei ihm gewöhnlich doch keine Elektricität wahr. Ich sage mit Absicht »gewöhnlich:« denn besitzt er Unebenheiten, oder ist die Harzplatte sehr stark gepeitscht worden; so offenbart er auch jetzt, wenngleich nur in einem sehr geringen Grade, Elektricität.

Dritter Versuch. Der Kuchen ist abermals elektrisch gemacht und der Dekkel aufgesetzt worden. Meine fernern Geschäfte bestehen darin: 1) jenen schwachen Funken (denket an meinen ersten Versuch zurück!) in einen Finger überspringen zu lassen; 2. den Dekkel isolirt in die Höhe zu heben; und 3. in dessen Nähe so, wie bei meinem zweiten Versuche, einen Leiter zu bringen. Nur dann kann ich aus ihm einen ziemlich starken Funken hervorsprühen sehen. Dieser Funken enthält mit der Elektricität des Kuchens ungleichartige, folglich positive Elektrilität, + *E*.

---

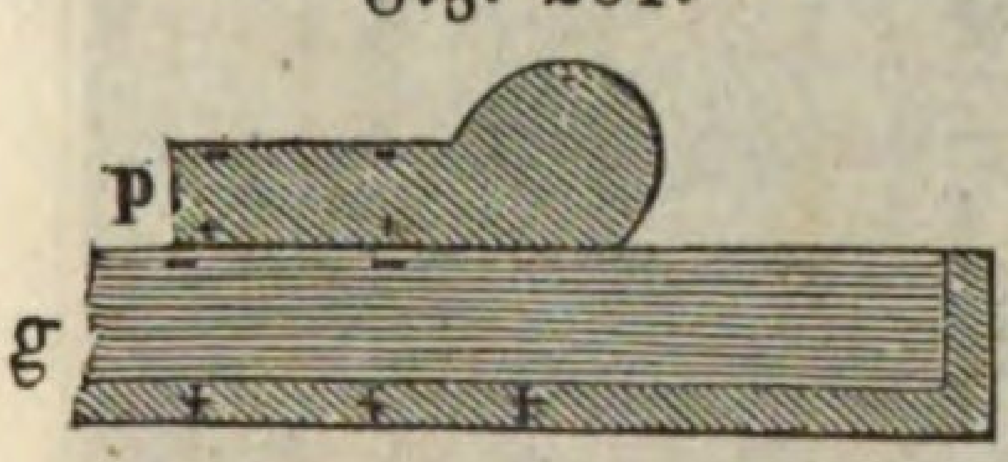
*) Ich weiß sehr wohl, daß es sobald einer neuen Erregung der Elektricität nicht bedarf; da ich indeß der Haupterscheinung des Elektrophors noch nicht gedacht habe, so konnte ich meine Worte kaum anders stellen.

Vierter Versuch. Bisher habe ich stets allein den Dekkel berührt; jetzt indeß stemme ich den einen Finger auf die Form, während ein zweiter auf der Oberlage des Elektrophors ruht. »Und was ist hiervon der Erfolg?« Wisset! ich empfinde einen schwachen, mich etwas erschütternden, schnell vorübergehenden Schlag.

Fünfter Versuch. Endlich bedekke ich die gut elektrische Harzplatte mit der Oberlage möglichst genau. Vorausgesetzt, daß auf sie nichts Fremdartiges, besonders keine Feuchtigkeit, störend einwirkt, können wir sie noch nach acht Tagen, ja, wenn der Elektrophor recht vollkommen ist, selbst nach einem Monate elektrisch finden. Dieser Erscheinung, unstreitig der wichtigsten, verdankt das neue Instrument den Namen Elektrophor oder Elektricitätsträger. »Wie aber lassen sich alle diese Erscheinungen erklären?«

Denket euch die Harzplatte elektrisch gemacht! Wie ich auf sie den Dekkel bringe, wirkt sie offenbar auf die bisher verbunden gewesenen Elektricitäten dieser leitenden Masse vertheilend ein: die + *E* wird angezogen, die — *E* aber abgestoßen. So muß ja aus dem Dekkel, wenn er auf der Harzplatte liegt, irgend einem Leiter ein schwacher Funken entgegensprühen, und er kann auch nur aus — *E* bestehen. Jenes Verhältniß hört natürlich auf, wenn ich den Dekkel in die Höhe hebe, d. h. dem Wirkungskreise der elektrischen Harzplatte entziehe »Wem könnten wol nun noch die Ursachen zu der zweiten und der dritten Erscheinung unbekannt sein?« Ist nämlich der Dekkel, während er noch auf der Harzplatte liegt, des kleinen Funkens beraubt worden; so muß er, wenn jene Bindung aufgehört hat, positiv elektrisch sein: bleibt ihm hingegen seine negative Elektricität; so tritt diese zu derselben Zeit in ihr früheres Verhältniß zurück und begabt ihn gleichsam wieder mit gebundener oder natürlicher Elektricität, ± *E*. Wer wissen will, wie die vierte Erscheinung hervorgerufen wird, beachte die 261ste Figur! sie zeigt, wie die beiden Elektricitäten vertheilt sind.

Fig. 261.



obere Fläche des Dekkels	— *E*;
untere, auf der Harzplatte liegende	+ *E*;
obere Fläche der Harzplatte	— *E*;
untere Fläche derselben	+ *E*;
äußere, nicht isolirte Fläche der Form	± *E*;

Isolire ich die Basis und elektrisire dann die Harzplatte; so wird sie negativ elektrisch, stimmt also mit der Elektricität der Oberfläche des Dekkels überein. Ueber die letzte Erscheinung des Elektrophors, nach welcher derselbe seinen Namen führt, läßt sich nichts weiter sagen, als daß sie uns mit einem neuen Gesetze über die Mittheilung der Elektricität bekannt macht. Dasselbe lautet:

»zwischen zwei breiten Flächen, von denen die eine leitend, die andere nichtleitend ist, findet keine merkliche Mittheilung Statt.«

Um euch noch zu zeigen, wie der Elektrophor in gewissen Fällen die Stelle einer Elektrisir-Maschine vertreten kann, und, elektrisch gemacht, gleichsam eine unversiegbare Quelle der Elektricität ist, stelle ich neben ihn 2 Verstärkungsflaschen, und ziehe vermittels der einen, deren äußere Belegung mit der Form leitend verbunden ist, die Funken aus dem Dekkel, während derselbe auf der Harzplatte liegt, hingegen vermittels der andern, wenn

ich ihn aus dem elektrischen Wirkungskreise jenes Körpers entfernt habe. Offenbar wird hierdurch die erste Flasche mit negativer, die zweite mit positiver Elektricität begabt. Wie geringfügig indeß selbst bei einem guten Elektrophor, der vielleicht zoll-lange Funken giebt, diese Geschenke sind, können wir jetzt, da ich beide Flaschen auf gewöhnliche Weise entlade, genügend betrachten. —

Ungleich schöner ist ein anderer Versuch, der uns einen Hauptunterschied zwischen der positiven und der negativen Elektricität anschaulich darstellt. Auch bei ihr lade ich die eine Flasche mit positiver, die andere mit negativer Elektricität. Nachdem wir uns ferner überzeugt haben, daß diese beiden Elektrophore keine elektrischen Wirkungen zeigen, führe ich den Knopf der ersten Flasche auf der einen Harzplatte in beliebigen Zügen umher. Dasselbe thue ich mit der zweiten Flasche und dem andern Elektrophor. Zuletzt nehme ich ein leichtes Pulver, das aus einem nichtleitenden Stoffe, hier beispielsweise aus fein zerstoßenem Kolophonium, besteht*), und streue es auf beide Harzplatten hin. Wie wunderbar! Die kleinen Körperchen auf der ersten Harzplatte bilden zahlreiche, nicht ganz gerade, von dem Mittelpunkte nach allen Seiten hin auslaufende, sich wieder verästelnde Strahlen (Fig. 262); die andern hingegen, mit denen also die zweite Harzplatte besät worden ist, haben sich mehr oder weniger deutlich zu concentrischen Kreisen, strahlenlosen Ringen oder Zonen vereinigt (Fig. 263). Beide Figuren sind sehr haltbar; sie zeigen

Fig. 262.

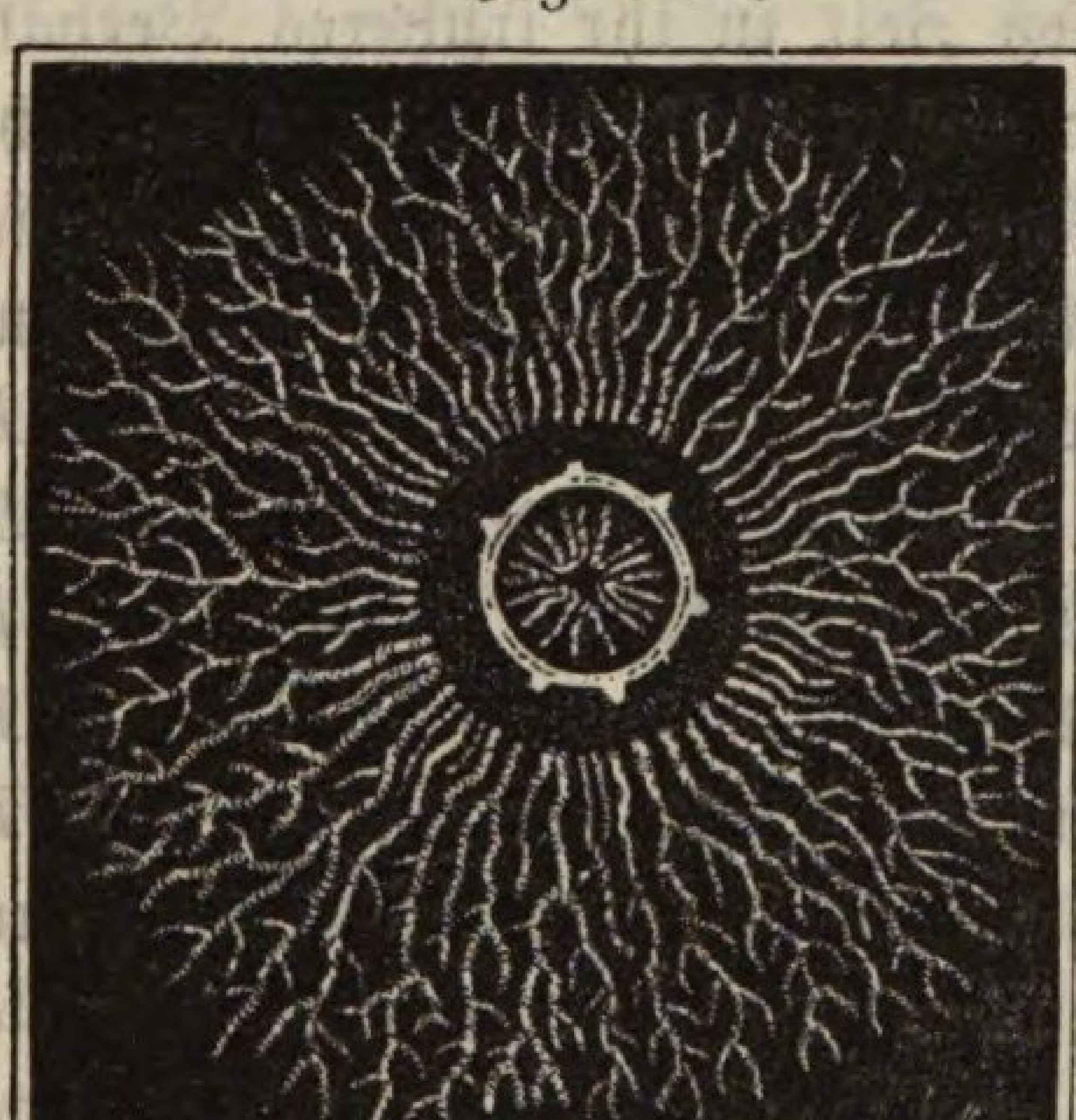
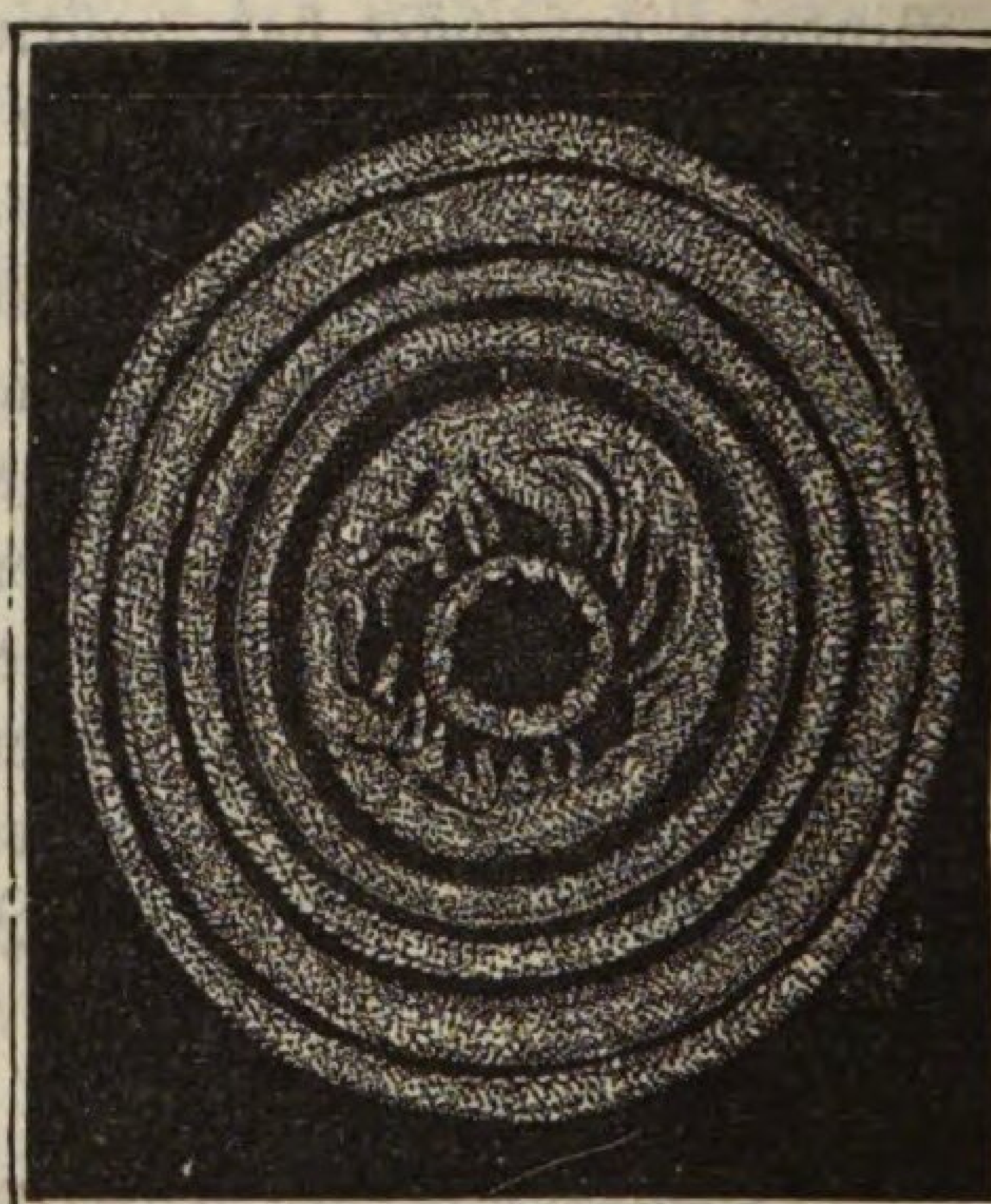


Fig. 263.



sich wieder, wenn man die frühern Körperchen weggewischt und neue aufgebeutelt hat. Nur auf einer alten, also schon lange benutzten Harzplatte gelingen sie nicht besonders. Diesen höchst interessanten Versuch verdanken wir dem deutschen Gelehrten Lichtenberg; auch werden nach demselben die dargestellten Figuren »Lichtenbergische Figuren« genannt.

---

*) Noch besser ist es, wenn man diejenige Harzplatte, welche die + *E* empfangen hat mit Bärlappsamen (Semen Lycopodii) und die andere, mit — *E* versehene, mit fein geriebenem Mennig oder Schwefel bestreut. Wie nämlich jene Masse gern — *E* annimmt, so jede zuletzt benannte gern + *E*.

Schließlich merke man sich noch zweierlei: 1. der Dekkel werde stets so aufgesetzt und abgehoben, daß er der Harzplatte parallel bleibt (bei einer geneigten Stellung desselben geht die Elektricität leicht auf die eine Seite über und strömt ab); und 2. um dem Zerspringen des Kuchens einiger Maßen vorzubeugen, das, weil Metalle und harzige Massen sich ungleich ausdehnen, bei einem schnellen Witterungswechsel häufig eintritt, enge man denselben in keine Form ein, sondern lege ihn frei auf eine Metallplatte hin.

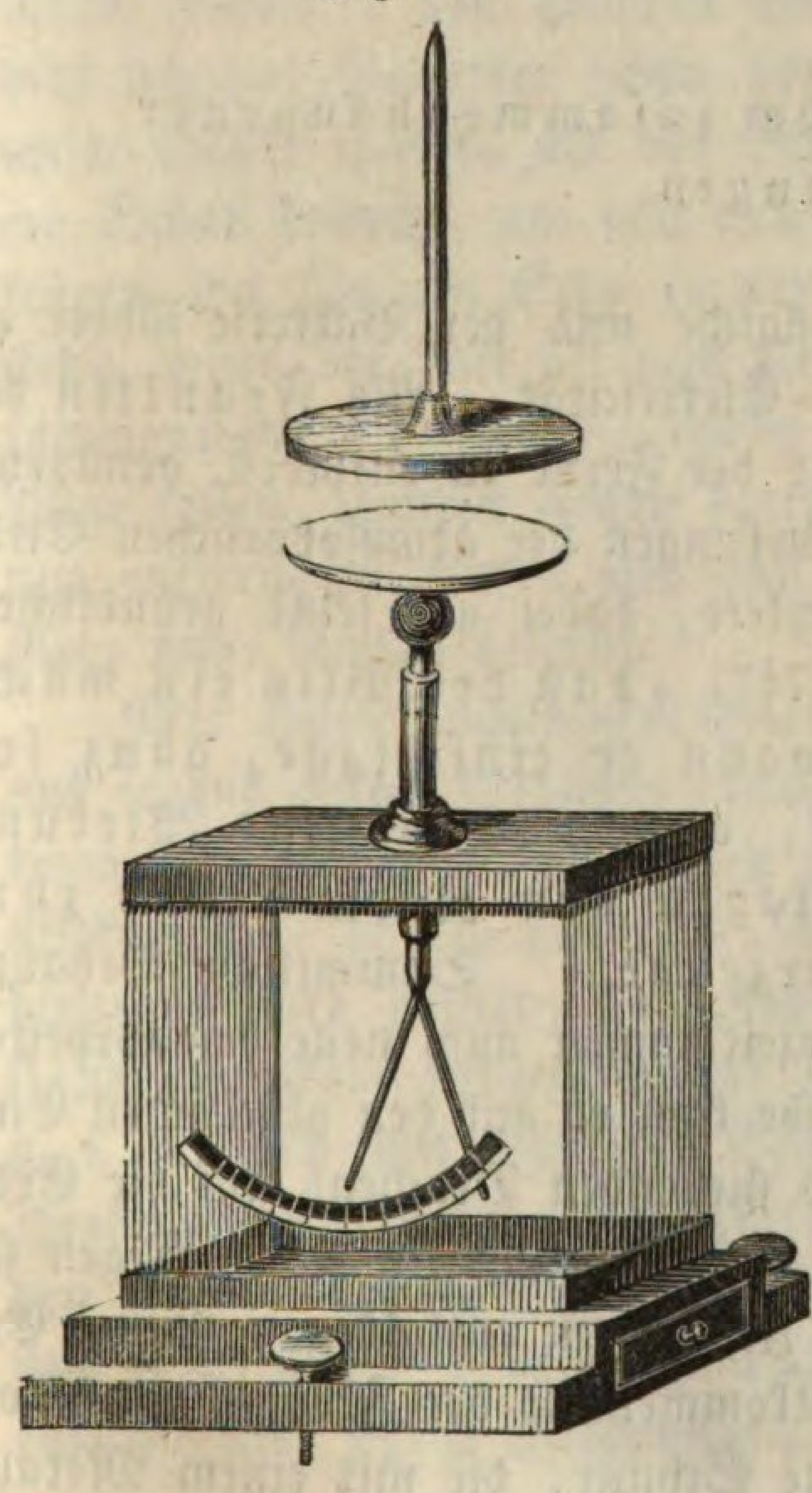
§. 11.

Der Kondensator oder Elektricitätssammler.

Wie der Elektrophor die Elektricität lange aufbewahrt, sammelt sie wieder ein anderes, ihm sehr ähnliches Instrument, und offenbart uns selbst die feinsten Grade, in denen sie sich bald in diesem, bald in jenem Körper findet. Mit Recht nennen wir es deshalb Kondensator oder Sammler der Elektricität. Wer auch nicht beabsichtigt, im Gebiete der Physik neue Entdekkungen zu machen, darf es doch, besonders der Galvani'schen oder Kontakt-Elektricität wegen, nicht unbeachtet lassen.

Die Haupttheile des Kondensators sind der Dekkel und die Unterlage. Ersterer, auch wol der Kollektor genannt, ist im Allgemeinen wie der Dekkel eines Elektrophors beschaffen; ferner stets, weil er gewöhnlich nur 2 bis 4 Zoll Durchmesser hat, aus Metall bereitet; endlich möglichst eben geschliffen, unten mit einer ganz dünnen Schicht Firniß und oben mit einem isolirenden Handgriffe begabt. Letztere, die meist unter dem Namen Basis vorkommt, stellt entweder eine eben solche Metall-, oder wol auch eine recht trokkene, vor dem Gebrauche gut erwärmte Marmorplatte dar. Die hier beigefügte 264ste Figur zeigt beide Haupttheile; zugleich veranschaulicht sie, wie die Basis auf das Goldblatt-Elektrometer geschraubt, oder, wie überhaupt der Kondensator mit diesem Instrumente verbunden werden kann. Die Aehnlichkeit zwischen dem Kondensator und der Verstärkungsflasche, oder auch zwischen ihm und der Franklin'schen Tafel ist unverkennbar. Der Dekkel und die Unterlage vertreten die äußere und die innere Belegung; die sehr dünne Harzschicht ferner entspricht, weil sie die Elektricität nicht leitet, dem isolirenden Glase. Der Unterschied zwischen dem Elektrophor und dem Kondensator liegt hauptsächlich in deren Gebrauche: bei dem Elektrophor er-

Fig. 264.



regen wir in dem Kuchen die Elektricität; bei dem Kondensator hingegen bringen wir gewöhnlich die Basis, während der Dekkel noch auf ihr ruht und durch einen Finger leitend verbunden ist, mit einer schwachen Elektricitäts-Quelle in Berührung. Hierdurch wird in dem Dekkel eine geringe Vertheilung, in der Basis aber eine Bindung der entgegengesetzten Elektricitäten bewirkt. So lange wir den Dekkel auf seiner ursprünglichen Stelle verharren lassen, zeigt die Basis gar keine Elektricität: bringen wir ihn aber in die Höhe, und zwar, damit die Berührung beider Platten in allen Punkten gleichzeitig aufhöre, möglichst vertikal; so wird die bis jetzt gebundene, zugleich angehäufte Elektricität der Basis frei, geht in die Goldblättchen hinab, und macht sich uns dadurch offenbar, daß diese einander fliehen oder abstoßen. Ohne den Kondensator dürften uns vielleicht diejenigen geringen Grade von Elektricität für immer verborgen geblieben sein, welche so manche Mineralien bei Druck (zu ihnen gehören der Topas, der Flußspath, ein Stück Kalkspath mit ebenen und parallelen Flächen u. s. w.), bei Erwärmung (als Beispiel hierzu dient besonders der Turmalin, der an dem einen Ende positiv, an dem andern negativ elektrisch wird), oder auch bei gegenseitiger Berührung, worüber später das Nothwendigste mitgetheilt werden soll, u. s. w., zeigen. Ein guter Kondensator behält eine schwache Ladung bei trocknem Wetter mindestens 12 Stunden lang.

Der Kondensator ist von dem Italiener Volta erfunden und von dem Deutschen Lichtenberg verbessert worden.

§. 12.

Die Luft-Elektricität,

oder

das Gewitter und andere mit ihm zusammenhängende Naturerscheinungen.

Erst die Entdekkung der Verstärkungsflasche und der Batterie führte zu höchst interessanten Versuchen über die Luft-Elektricität. Als Franklin die Kraft metallner Spitzen, elektrische Körper aus der Ferne zu entladen, genügend erforscht hatte, hielt er es für möglich, die Wirkungen der atmosphärischen Elektricität wahrnehmbar zu machen, und behauptete, dabei auf seine gründlichen Beobachtungen sich stützend, schon im Jahre 1747, »daß der Blitz ein mächtiger elektrischer Funken sei, und, wann er einschlage, ganz so, wie dieser, an guten Leitern fortgehe, ohne nachtheilige Wirkungen zurückzulassen, bei dem Ueberschlagen von einem Leiter zum andern aber zerstörende Wirkungen erzeuge.« Sammtliche Behauptungen des großen Mannes sind in der Folgezeit immer aufs neue bewahrheitet worden. In Ermangelung sehr hoher Gebäude kam er auf den glücklichen Einfall, die Elektricität längs der Schnur eines fliegenden Drachens auf die Erde zu leiten, und hatte in Kurzem die Freude, ihr, nachdem ein feiner Regen sie zu einem bessern Leiter gemacht hatte, einige Funken zu entlokken. Seine Experimente wiederholte später in größerer Vollkommenheit der Franzose de Romas. Derselbe band seinen Drachen an eine Schnur, die mit einem Metall-

drathe durchflochten war, ließ sie aber unten, um sich vor den Wirkungen des Blitzes sicher zu stellen, in eine andere, 8 bis 10 Fuß lange, aus reiner, trokkener Seide bereitete übergehen; auch gebrauchte er einen metallnen Leiter, welcher mit der Erde in Verbindung stand und an einem isolirenden Handgriffe gehalten werden konnte. Sein Drache stieg 550 Fuß hoch und drang gewiß in manche Gewitterwolke ein. Die Funken, welche de Romas erhielt, hatten eine Länge von 9 bis 10 Fuß, eine Dikke von einem Zoll, und verursachten ein Geräusch, das dem Knalle einer Pistole glich. »Konnte man nach so glänzenden Versuchen wol noch daran zweifeln, daß der Blitz eine Wirkung der Luft-Elektricität ist?«

Jedem Gewitter geht die Bildung gewisser Wolken voran, und zwar meist an dem Orte, wo es zum Ausbruche kommen soll. Dieselben sind zuerst sehr klein, nehmen aber allmälig, zuweilen wol auch plötzlich, eine bedeutende Größe an. Was sie uns sonst noch kennbar macht, ist zum Theil ihre Figur, welche aus der in die Länge gedehnten schnell in die abgerundete übergeht; zum Theil ihre Beleuchtung, die gewöhnlich zur Farbe anderer Wolken starke Gegensätze bildet. Im Allgemeinen gehören sie den niedern Stellen der Atmosphäre an. Die Gestalt des Blitzes, welche derselbe dem Anscheine nach hat, rührt blos von seiner schnellen Fortbewegung her; an einerlei Orte ruhig verharrend, würde er sich uns in der Gestalt einer feurigen Kugel kund geben. Seine zickzackförmige Bahn erklärt sich am besten aus der gewaltigen Zusammendrükkung derjenigen Luft, welche er vor sich her treibt, und die ihn, weil der Widerstand allzu stark ist, nöthigt, von dem eingeschlagenen Wege wiederholt abzuspringen.

Mit dem Ausbruche des Blitzes ist die Entstehung des Donners verbunden, der, obgleich an sich unschädlich, gerade Dasjenige ausmacht, was uns bei einem Gewitter den größten Schrekken verursacht. Durch den Donner kündigt sich das Gewitter schon von Weitem an. Die Ursache, warum derselbe unser Gehör später, als der Blitz unser Gesicht, rührt, liegt in der Zeit, die ein Schall braucht, um von einem Orte zum andern zu gelangen. Viele erklären ihn für ein Echo in der Luft; Einige indeß nehmen an, daß er entstehe, wenn die Luft bei dem Ueberspringen des Blitzes sich ausdehne und zusammenziehe. Daß wir, indem wir die Zeit zwischen Blitz und Donner ins Auge fassen, ziemlich genau berechnen können, wie weit das Gewitter noch von uns entfernt ist, haben wir einst, als von der Geschwindigkeit des Schalles die Rede war, kennen gelernt.

Mit Hülfe zugespitzter Eisenstangen, die 24 bis 30 Fuß lang, gut isolirt, auf irgend einem Gebäude errichtet und durch einen Drath mit einem Elektrometer verbunden sind, haben die Physiker gefunden, daß die Luft bei heiterm Wetter stets positiv elektrisch, bei Gewittern, bei Regen oder Schneegestöber hingegen bald positiv, bald negativ elektrisch, stets aber dem elektrischen Zustande der Erde entgegengesetzt ist. Die Wasserdämpfe aus Meeren, Flüssen u. s. w. sind mit positiver Elektricität begabt. Wie sie sich nun durch das Herbeiströmen einer etwas kältern Luft zu einer Wolke vereinigt haben, ziehen sie die negative Elektricität der Erde, oder auch einer andern Wolke an und verursachen so den Ausbruch eines Gewitters. Die Elektricität der Luft entsteht stets durch Verdunstung.

Der Erste, welcher auf den Gedanken kam, dem Blitze seinen Weg durch eine gute Leitung vorzuzeichnen, war wieder Franklin, und er erfand so die Werkzeuge, welche wir nicht selten auf den höchsten Theilen der Gebäude errichtet finden. Ich meine die Blitzableiter. Im Allgemeinen stellen sie zugespitzte, 15 bis 30 Fuß lange Metallstangen dar. Das obere ihrer beiden Enden, welches in eine vergoldete Spitze ausläuft, taucht in die Atmosphäre; das untere ist bald mit einem Brunnen, bald mit einer andern wässerigen Erdstelle in leitende Verbindung gesetzt. Silber und Kupfer, 2 sehr treffliche Konduktoren, eignen sich zu Blitzableitern am besten; es ist jedoch auch Eisen, wählen wir anders eine starke, gut getheerte Stange aus, dazu brauchbar. Selbst Bleistreifen gewähren Sicherheit. Die Elektricität der unheildrohenden Wolke einzusaugen, und, ohne daß eine Entladung erfolgt, in den Boden überzuführen, ist ihr großer, alleiniger Zweck. Zieht eine elektrische Wolke so nahe bei einem Blitzableiter vorüber, daß ihr Einfluß auf ihn bemerklich werden kann; so zersetzt sie seine natürliche oder gebundene Elektricität, treibt die gleichartige in den Boden und zieht die ungleichartige an. Letztere begiebt sich also an das höchste Ende der Spitze, und erlangt dort eine um so ansehnlichere Stärke, je bedeutender die Wolke einwirkt. In Folge Dessen schlagen die feuchten Lufttheilchen, die sich zwischen der Wolke und dem Ableiter befinden, auf diesen mit großer Schnelligkeit nieder, verlieren so die Elektricität, welche die Wolke ihnen mitgetheilt hatte, und laden sich sogleich wieder mit einer sehr kräftigen, der Metallspitze entzogenen Elektricität entgegengesetzter Art. Offenbar fliehen sie nun eben so den neuen, wie vorhin den alten Geber, eilen zur Wolke hinauf und werden auf diese Weise in Kurzem zum zweiten Male unelektrisch. So folgen denn Ladung und Entladung einander auf dem Fuße nach. Wer sich des Allgemeinsatzes über die entgegengesetzten Elektricitäten erinnert, muß es sich auch klar machen können, wie unter solchen Umständen die Entladung meist ohne Explosion erfolgt, und wie mithin ein Blitzableiter für alle Dinge, die sich nicht zu weit neben und unter ihm befinden, als ein vortreffliches Schutzmittel dasteht.

Ist ein Haus mit keinem Blitzableiter versehen; so erwähle man zur Zeit eines schweren Gewitters diejenige Stelle der Stube zu seinem Aufenthaltsorte, welche von allen guten Leitern der Elektricität am weitesten entfernt ist. Sich an ein Fenster, eine Wand, oder wol gar an einen eisernen Ofen zu setzen, ist eine üble, ja sehr gefährliche Gewohnheit; »denn fährt etwa der Blitz nicht fast immer an den Wänden dahin? oder haben wir vielleicht nie gesehen, wie er hauptsächlich das Blei an den Fenstern, und die Metalle, welche sich an der Thür und den Wänden befinden, ergreift und flüssig macht?« Feuer auf dem Herde zu unterhalten; unter den Schornstein, den höchsten Gegenstand des Hauses, zu treten; mit vielen Menschen in einer kleinen Stube zusammen zu sein u. s. w., ist zur Zeit eines nahen Gewitters nicht minder gefährlich. Die Zugluft hingegen bestimmt aller Wahrscheinlichkeit nach keinesweges den Weg des Blitzes. Auf dem Felde ist die Gefahr, erschlagen zu werden, sehr groß; denn der Blitz nimmt viel lieber die höchsten Gegenstände mit, als daß er bis zur Erde hinabfahren sollte. Ist das Gewitter bereits sehr nahe herbeigekommen; so können wir nichts Besseres thun, als uns auf die Erde zu legen, und uns eher dem stärksten Regen auszusetzen, als der Furcht,

jeden Augenblick von dem Blitze getroffen zu werden. Am gefährlichsten sind unstreitig die Stellen in der Nähe der Bäume. Lichtenberg machte deshalb einst den Vorschlag, an jeden Baum, der frei dastehe, ein Täfelchen mit der Aufschrift zu befestigen: »allhier wird man vom Blitze erschlagen!« Einen sehr sichern Zufluchtsort bietet eine Höhle dar. In einem Walde können wir gleichfalls ganz ruhig sein; denn hier ist die Anziehung, weil wir von allen Seiten von Bäumen umgeben werden, nach keiner Richtung hin überwiegend.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen noch die Wirkungen des Blitzes auf den menschlichen Leib. Sorgfältigen Untersuchungen zufolge sind nachstehend verzeichnete Umstände die wichtigsten: 1. sämmtliche sichtbare Verletzungen erstrekken sich hauptsächlich auf die Oberfläche des Körpers, also viel weniger auf das Innere desselben; 2. an der Haut und der innern Seite der Bekleidung zeigen sich fleck- und strichartige Versengungen; 3. die Bahn, welche dadurch bezeichnet wird, ist weder nach der Lage der Knochen, noch nach dem Laufe der Adern oder Nerven, sondern im Ganzen, einige unregelmäßige Zertheilungen und Ausbreitungen abgerechnet, auf dem kürzesten Wege zur Erde, oder auch nach einem Gegenstande von Metall gerichtet; 4. außer den Stellen des Zu- und Absprunges sind die Verletzungen da am stärksten, wo sich der freien Ausbreitung, z. B. unter den Kleidern, Hindernisse entgegengestellt haben; 5. die Grade der Verletzung nehmen von außen nach innen ab; endlich 6. bleiben dabei die zarten, innern Theile, wenngleich zuweilen Verletzungen der mit Haut bedeckten Theile, ja selbst Blutvergießungen, erfolgen, doch immer verschont.

Eine ganz eigenthümliche elektrische Erscheinung sind die Wetterlichter, welche jetzt gewöhnlich St. Elmusfeuer heißen, von den Alten aber Castor und Pollux genannt wurden. Sie bestehen entweder aus einem Lichtbüschel (bei + E), oder aus einem Lichtsterne (bei — E); zeigen sich nur im Dunkeln an den höchsten Stellen verschiedener Gegenstände, vorzugsweise an den Spitzen der Thürme und Mastbäume, und haben mit derjenigen Elektricität, welche von den Metallspitzen in die Luft ausströmt, die größte Aehnlichkeit. Nichts begünstigt ihr Entstehen so sehr, als die mit Elektricität gesättigte untere Luft. Da, wann sie erscheinen, eine schnelle Zunahme der Elektricität nur selten, vielleicht gar nicht, stattfindet; so hält man sie für ein sicheres Zeichen, daß das Gewitter, ohne irgendwo einzuschlagen, vorübergehen werde. — Ein ähnliches elektrisches Licht strömt zuweilen von den Haaren und Kleidern solcher Personen aus, die sich während eines Gewitters im Freien aufhalten.

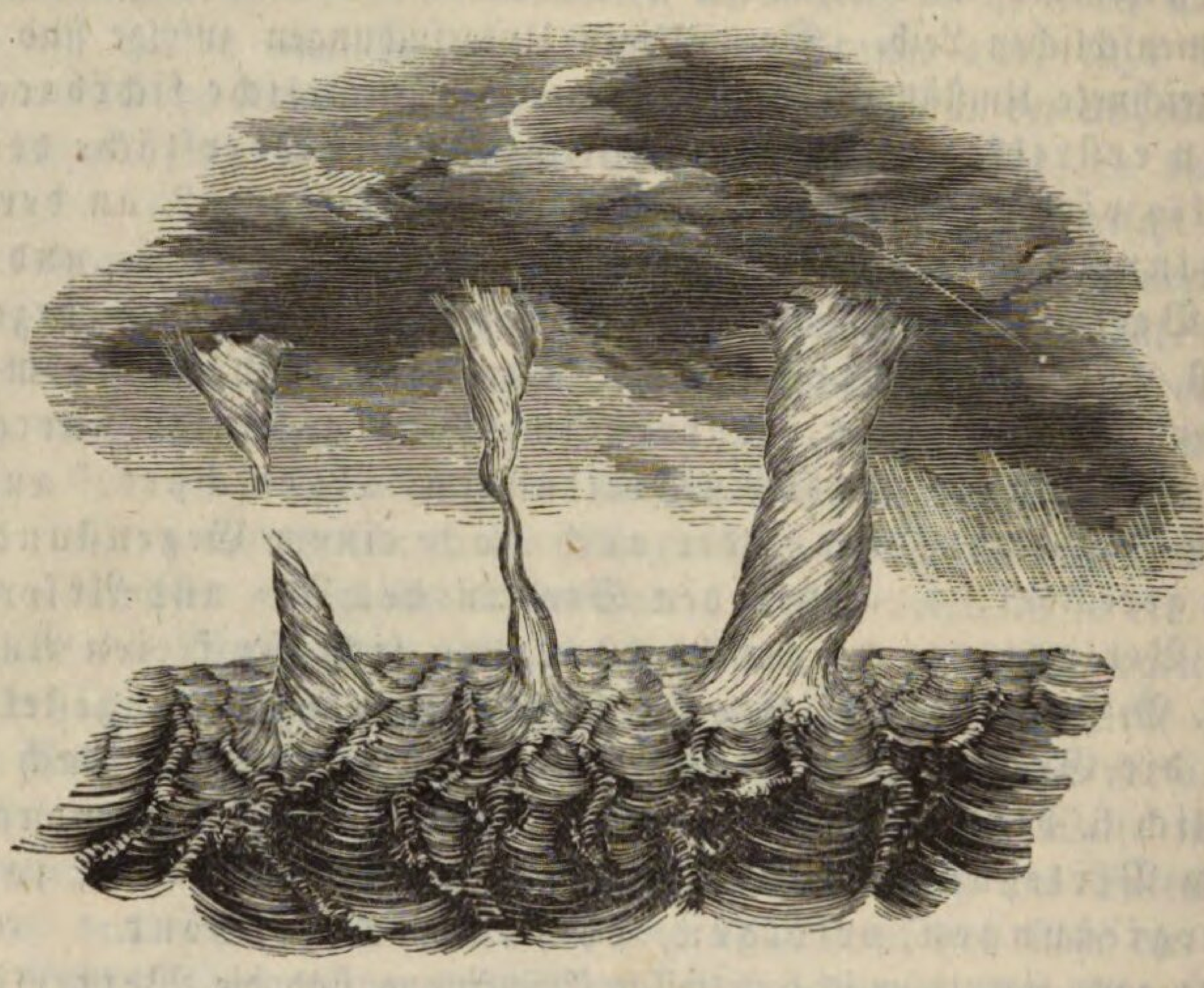
Das sogenannte Wetterleuchten gehört, wie das Gewitter, dem Sommer an, kommt aber doch auch, und zwar häufiger, als dieses, im Herbst, Winter und Frühlinge vor. Es ist ein Blitzen ohne Donnern. Sind mehrere heiße, oder im Allgemeinen für die laufende Jahreszeit sehr warme Tage vorausgegangen; so bemerken wir nicht selten einen Lichtschein, der meist in der Nähe des Horizonts entsteht, zu wiederholten Malen zurückkehrt, und die Luft keinesweges so, wie der Blitz, zickzackförmig durchströmt. Der gemeine Mann drückt sich über diese Erscheinung gewöhnlich so aus: »das Wetter kühlt

sich ab!« Uebrigens kann bis jetzt auf die Frage: »wie aber bildet sich das Wetterleuchten?« wol Niemand eine bestimmte Antwort geben.

Noch übler, als mit dem Wetterleuchten, steht es mit der Erklärung von 2 andern Naturerscheinungen, die wir noch am besten hier unterbringen können. Ich meine die **Wasserhose** und das **Nordlicht**.

Wer zuvörderst von der Wasserhose eine richtige Vorstellung gewinnen will, schaue das hier entworfene Bild von Fig. 265 an, und höre, was uns For-

Fig. 265.



ster über diejenige Wasserhose mittheilt, welche er zwischen den neuseeländischen Inseln entstehen, sich allmälig ausbilden und wieder verschwinden sah.

»Nach einer sehr stürmischen Nacht (so lautet des berühmten Seefahrers Bericht) erfolgte gegen Morgen eine fast vollkommene Windstille; nur hier und dort stiegen noch Wolken empor, und in einiger Entfernung vom Lande schien es zu regnen. Bald darauf entwikkelte sich an einer gewissen Stelle des Meeres ein weißlicher Fleck. Die Wassersäule, welche von ihm aufstieg, vereinigte sich mit einer ihr ähnlichen, die ihr aus einer Wolke entgegenkam. Nach kurzer Zeit bildeten sich noch 3 andere Säulen. Dabei tobte das Meer heftig, und die Dünste stiegen in Form eines Staubregens in die Höhe. Je mehr sich die Säulen, deren Durchmesser unten 70 bis 80 Klaftern, in der Mitte kaum 2 bis 3 Fuß und oben wieder viele Klaftern groß war, dem Schiffe näherten; desto mehr bewegte sich das Meer, desto kräftiger brach es sich in kurzen, unbedeutenden Wellen. Während der ganzen Erscheinung hörte man ein Getöse, das dem Rauschen eines Wasserfalles im tiefen Thale glich; zuweilen fielen Hagelkörner auf das Verdeck des Schiffes; endlich regnete es zu wiederholten Malen; auch blitzte es, ohne daß man jedoch einen Donner zu hören bekam.« — Die wichtigsten Erfahrungen über die in Rede stehende Naturerscheinung fasse ich in folgende 7 Punkte zusammen: »1. **die Wasserhosen entstehen meist nur in der Nähe eines solchen Landes, wo oft unbe-**

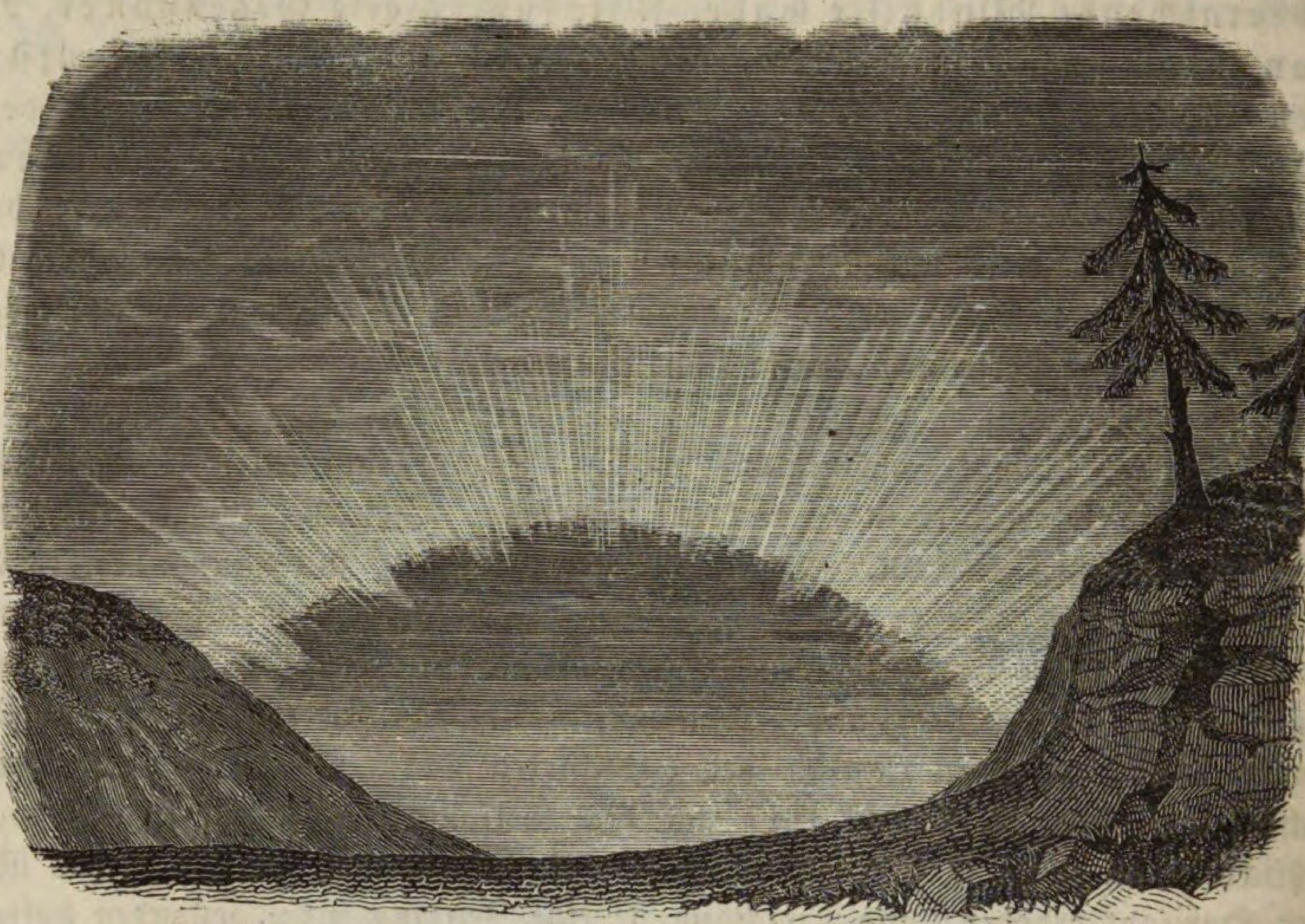
ständige Winde und eine veränderte Temperatur herrschen; 2. sie werden zwar nie von ausgedehnten, aber stets von örtlichen Gewittern begleitet; 3. man nimmt gewöhnlich in ihrer Nähe eine überraschende Windstille wahr; 4. sie führen alle Gegenstände, die von ihnen ergriffen werden, wirbelnd in die Höhe; 5. sie entstehen bald von oben aus den Wolken, bald von unten aus dem Wasser; 6. ihre Masse ist nicht wirkliches Wasser, sondern nur Wasserdunst; endlich 7. der Durchmesser ihrer Größe beträgt 2 bis 200, ihre Höhe 30 bis 1500 Fuß." — Den Wasserhosen ähnlich sind die Landhosen oder Erdtromben; auch bei diesen ist es sehr wahrscheinlich, daß ihnen ein Spiel elektrischer Kräfte zum Grunde liegt.

Ungleich häufiger, als bei uns, wo sie überhaupt nur selten zu sehen sind, entstehen die Nordlichter in Schweden, Lappland, Sibirien, kurz in den mehr nördlich gelegenen Ländern. Dort herrscht im Winter fast ununterbrochen die Nacht; die Erde ist öde; ihr Anblick traurig: da strahlt plötzlich der Himmel in unbeschreiblicher Pracht; gleichsam in Feuer gehüllt, verbreitet er einen mächtigen Glanz um sich her, und verwandelt, wenigstens auf einige Stunden, die finstere Nacht in einen ziemlich hell erleuchteten Tag. Bei demjenigen Nordlichte, das den 27. August 1817 auf den shetländischen Inseln sichtbar war, erblickte man zuerst in Nordost einige schmale Lichtstreifen, die sich etwas über den Horizont erhoben, und, nachdem sie eine Zeitlang ruhig gestanden hatten, wieder verschwanden. Anderthalb Stunden später zeigten sie sich aufs neue in derselben Himmelsgegend, nun aber viel glänzender, zahlreicher und ausgedehnter. Gewährte es schon Vergnügen, sie einen regelmäßigen Bogen bilden zu sehen; so mußte die Freude zu einem hohen Grade steigen, als endlich der höchste Punkt des Bogens vollendet war und letzterer sich eine Stunde lang in seiner ganzen Schönheit erhielt. Nur eine unbedeutende Bewegung desselben nach Südost bemerkte man während dieser Zeit. Den weiten Himmelsraum, welchen er nordwestlich begrenzte, durchkreuzten leuchtende Strahlen, deren verschiedene Farben und Gestalten den Geist nicht weniger, als die Augen, beschäftigten. Anfangs erschien fast jeder Strahl wie ein einfacher Streifen weißlichen Lichtes; bald aber nahm er an Größe und Schönheit zu; zuletzt verengerte er sich wieder in einen dünnen, geradlinigen Faden, dessen in der Regel glänzendes, äußerst lebhaftes Licht von sehr bestimmter rother Farbe war. So stand es mit diesem, so ungefähr verhält es sich mit jedem andern Nordlichte. Die auf folgender Seite beigefügte 266ste Figur veranschaulicht, so gut es angeht, die prächtige Naturbegebenheit.

Diejenigen Lichterscheinungen, von denen oben die Rede gewesen ist, waren lange Zeit das Einzige, was man an dem Nordlichte bemerkt hatte. Erst im Jahre 1740 entdeckten 2 Schweden an ihm noch ganz besondere Umstände; sie sahen nämlich, daß während seiner Dauer die Magnetnadeln fast immer in Schwankungen geriethen, die übrigens unregelmäßig und stets um so stärker hervortraten, je lebhafter und weit verbreiteter das Nordlicht war. Leider führte selbst diese schöne Entdeckung zu keiner genügenden Erklärung über dasselbe. Bemerkenswerth bleibt immer die große Aehnlichkeit des Nordlichtes mit den-

jenigen Erscheinungen, welche die Elektritität uns darbietet, wann sie aus einem

Fig. 266.



luftverdünnten Raume hervorströmt. — Eine ihr ganz ähnliche Erscheinung auf der südlichen Halbkugel der Erde wird Südlicht genannt.

§. 13.

Die Galvani'sche oder die Berührungs-Elektricität.

Zu den verschiedenen Versuchen, die ich heute zu machen beabsichtige, bedarf ich zuvörderst einer Menge Platten, welche etwa die Größe eines Thalerstücks haben und zum Theil aus Zink, zum Theil aus Kupfer bereitet sind. Wenigstens 2 dieser Platten, nämlich eine Zink- und eine Kupferplatte, müssen, damit ich sie zu gewissen Experimenten gebrauchen könne, mit einem Säulchen von Glas oder Siegellack begabt sein, das sie isolirt und die Mitte ihrer Oberfläche senkrecht trifft. Eine nothwendige Geräthschaft ist ferner dieser hölzerne Untersatz mit seinen 3 dünnen, ziemlich langen, vertikal stehenden Glasstäben; er hat den Zweck, sämmtliche auf einander gelegte Metallplatten festzuhalten. Nicht minder nöthig ist ein Kondensator mit dem Goldblatt-Elektrometer.

Erster Versuch. Ich lege jene beiden Metallplatten, indem ich sie an den isolirenden Säulchen erfasse, auf einander. Dann trenne ich sie wieder. Bei diesem zweiten Geschäfte sehe ich vorzugsweise darauf, daß sie recht gleichmäßig, oder, bestimmter ausgedrückt, so entfernt werden, daß die Oberflächen beider ihre Parallelität nicht verlieren. Jetzt bringe ich die Zinkplatte mit der Basis meines Kondensators (derselbe ist noch mit dem Goldblatt-Elektrometer und der Dekkel mit einem meiner Finger, mittelbar also auch mit der Erde,

leitend verbunden) und bald darauf die Kupferplatte mit einem feuchten Finger in Berührung. Vorausgesetzt, daß die Luft trokken ist, reicht eine acht- bis zehnmalige Wiederholung meines Versuches hin, in der Basis des Kondensators so viel Elektricität anzuhäufen, daß ich in der gegenseitigen Abstoßung der Goldblättchen nicht nur ihr Vorhandensein im Allgemeinen, sondern auch die Art, der sie angehört, insbesondere erkenne. Es erhält stets die Zinkplatte durch ihre Berührung mit der Kupferplatte positive Elektricität. Indem ich ferner die Kupferplatte eben so oft mit der Kondensator-Platte auf die bekannte Weise in Berührung bringe, erfahre ich, daß sie in gleichem Grade negative Elektricität besitzt.

Zweiter Versuch. Anstatt der vorigen Metallplatten nehme ich jetzt 2 andere, zwar auch verschiedenartige, aber mit keinen Säulchen begabte in die Hand, lege die Kupferplatte auf, die Zinkplatte unter die nasse Zungenspitze und bringe die hervorragenden Theile derselben in leitende Verbindung. So empfinde ich denn einen säuerlichen Geschmack. Vertausche ich bei der Wiederholung des Experimentes den Ort der beiden Metallplatten, so hat sich der vorhin saure Geschmack in einen stechenden, brennenden verwandelt.

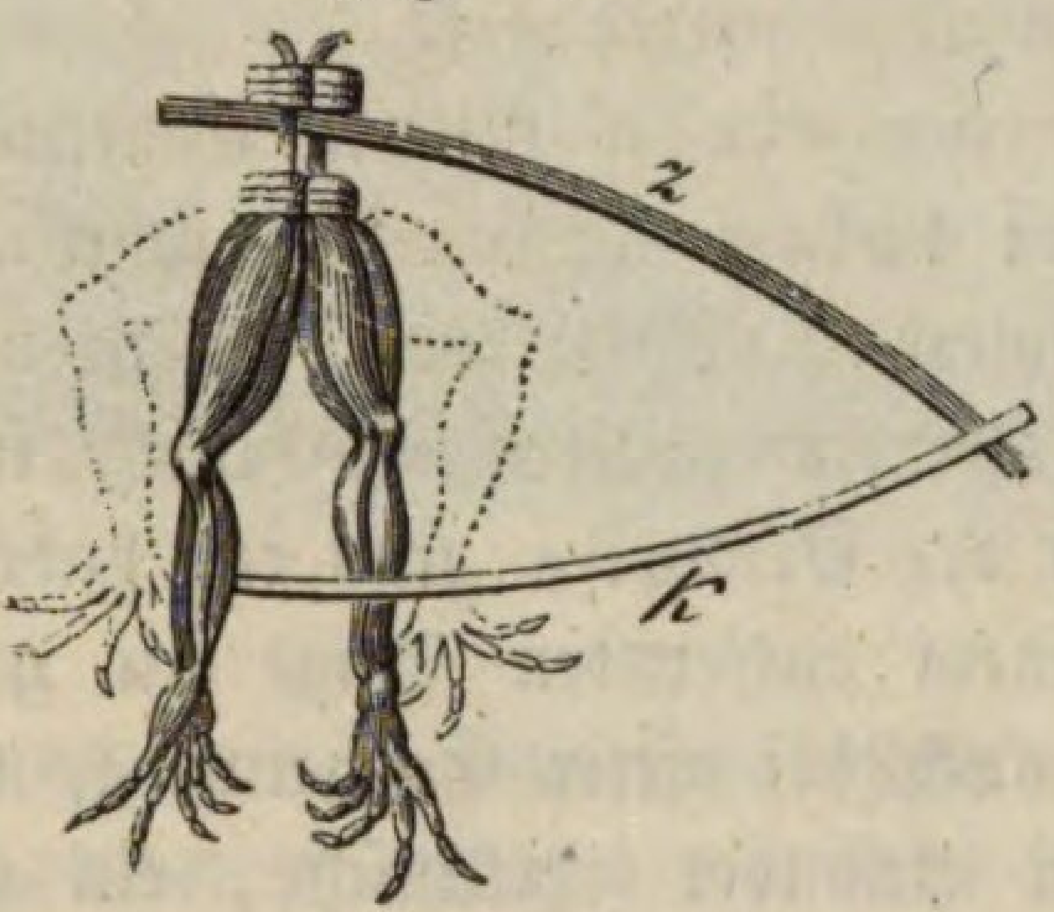
Dritter Versuch. Jetzt benetze ich den einen innern Augenwinkel und setze in ihn beispielsweise eine Zinkplatte; hierauf stemme ich zwischen die Kinnlade und die Unterlippe diesen schmalen, langen Kupferstreifen; zuletzt bringe ich die beiden Metallstükke ganz so, wie bei meinem zweiten Versuche, in gegenseitige Berührung. »Und was ist hiervon der Erfolg?« nun ich habe vor meinen Augen einen Lichtschein, der mit einem entfernten Blitze die größte Aehnlichkeit besitzt. Uebrigens offenbart sich auch bei dieser Erscheinung, wenn ich die Zinkplatte und den Metallstreifen mit einander vertausche, ein feiner Unterschied. Drükke ich ferner eines der Metallstükke an das Zahnfleisch der rechten, das andere an das der linken Mundseite; so nehme ich in dem Augenblikke, da die hervorragenden Theile sich berühren, wieder jene blitzähnliche Erscheinung wahr.

Vierter Versuch. Hier stelle ich einen zinnernen, mit reinem Wasser angefüllten Becher auf dieses Zweithalerstück und berühre mit der Zungenspitze die tropfbare Flüssigkeit. Noch ist sie ohne Geschmack. Wie ich aber zugleich die nassen Hände an die silberne Unterlage bringe, so empfinde ich aufs neue den bekannten säuerlichen Geschmack. — Höret nun weiter!

»1. Als an dem einen Abende des Jahres 1789 Galvani, Professor der Arzneikunde zu Bologna, in seinem eigenen Zimmer verschiedene Versuche anstellte, fügte es sich, daß mehrere enthäutete Frösche, die zu Brühen für seine kranke Gattin bestimmt waren, mit einer Elektrisir-Maschine auf demselben Tische sich befanden. Ohne dabei etwas zu beabsichtigen, nahm der eine seiner Gehülfen ein feines Messer, berührte mit der Spitze die Schenkelnerven eines solchen Thieres, und sah mit Erstaunen, daß sich dessen Muskeln krampfhaft zusammenzogen. Diese räthselhafte Erscheinung kehrte jedoch nicht bei jedem neuen Antippen zurück. Endlich entdeckte eine dritte Person, daß die Konvulsionen nur dann eintraten, wenn aus dem entfernten Konduktor in dem Augenblick, da die Messerspitze mit den Nerven in Verbindung stand, ein Funken gezogen wurde. Wer mit den Gesetzen über die Vertheilung der Elektricitäten bekannt ist, kann diese Erscheinung um so weniger auffallend finden, als gerade

jede Amphibie die Reizbarkeit, auf der die zukkenden Muskelbewegungen beruhen, noch lange nach dem Tode, ja selbst nach der Trennung einzelner Theile vom Körper, beibehalten. Eifrig bemüht, die Ursache der neuen Erscheinung kennen zu lernen, experimentirte Galvani täglich mit einer unbesiegbaren Geduld, und genoß, als er das eine Mal präparirte Froschschenkel an dünne Kupferhaken aufgehängt hatte, die Freude, die genannten Leibestheile, wenn jene Häkchen nicht nur das Rükkenmark berührten, sondern auch mit dem Geländer in Verbindung kamen, in Zukkungen gerathen zu sehen. Eben dieser eigenthümliche Metallreiz ist es, der zu Ehren seines Entdekkers den Namen Galvanismus erhalten hat. Schließlich bemerke ich noch, daß es damals nur einen Physiker gab, der die neue Erscheinung auf die gewöhnliche Elektricität zurückzuführen suchte, und dem es endlich auch gelang, sie bei der gegenseitigen Berührung zweier Metalle wahrzunehmen. Dieser Naturforscher war Alexander Volta. Wie er übrigens seinen ersten Versuch, den sogenannten Froschversuch, angestellt hat, zeigt die hier beigefügte 267ste Figur.

Fig. 267.



Die präparirten Froschschenkel bedürfen keiner Erläuterung *); die andern, durch *z* und *k* bezeichneten Theile stellen denjenigen Bogen vor, welcher aus Zink und Kupfer, *z* und *k*, besteht und die Nerven und Muskeln leitend verbindet. Beide Metalle müssen wenigstens da, wo sie die Froschschenkel und einander selbst berühren, eine vollkommen metallische Oberfläche haben. So einfach dieser Versuch auch ist; er führte Volta doch zu der Ueberzeugung, daß die Flüssigkeit, welche hier wirkt, weder in den Nerven, noch in den Muskeln der Froschschenkel, sondern allein in den beiden Metallen, und zwar durch deren gegenseitige Berührung, entwickelt werde und mit der gewöhnlichen Elektricität, d. h. mit der durch Reiben oder Schlagen hervorgerufenen, vollkommen übereinstimme. Seine Meinung wurde endlich, so sehr auch Galvani und dessen Anhänger gegen sie ankämpften, allgemein als die richtige angenommen.

»2. Alle Metalle, vermittels deren obige Erscheinungen hervortreten, heißen Elektromotore oder Erreger der Galvani'schen Elektricität. Für die besten Erreger gelten Zink in Verbindung mit Gold, Silber oder Kupfer. Nächst den Metallen ist die Kohle der wirksamste Erreger. Daß auch Elektricität entsteht, wenn gewisse feste und flüssige Körper einander berühren, können wir an einem Zink- oder Kupferstäbchen sehen, das, in eine Säure gesteckt, an

---

*) Gewöhnlich schneidet man vermittels einer guten Scheere einen Frosch, nachdem er durch einen Schlag auf den Kopf wenigstens betäubt worden ist, mitten entzwei, entfernt die Reste der Eingeweide von der hintern Hälfte und streift die Haut ab. Die Nervenfäden, welche nun von dem untern Ende der Wirbelsäule heraustreten und sehr deutlich zu sehen sind, werden endlich vermittels eines scharfen Federmessers noch von dem sie umgebenden Zellgewebe befreit.

seinem hervorragenden Theile negativ elektrisch wird. Wer ferner glaubt, es seien durchaus, damit durch Kontakt oder Berührung Elektricität entstehe, 2 verschiedenartige Metalle erforderlich, irrt sich sehr; denn es kann dieselbe auch durch gleichartige erregt werden, vorausgesetzt freilich, daß diese in Form, Härte, Wärme, Politur, kurz in irgend einem solchen Stükke, von einander abweichen.

»3. Die Erfahrung lehrt, daß solche Metallplatten, die mit Rücksicht auf ihre Verwandtschaft zum Sauerstoffe einander sehr fern stehen, die größte elektrische Spannung bilden, und daß ferner diejenige Platte, welche sich besser mit Oxygen verbindet, stets, wann die gegenseitige Berührung eintritt, positive, die andere aber in demselben Grade negative Elektricität erhält. Folgende Elektromotore sind so geordnet, daß jeder der vorangehenden, sobald er irgend einen der ihm nachfolgenden berührt, positiv, dieser aber negativ elektrisch wird: (+) Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platina, Kohle (—). Je weiter übrigens in dieser Reihe die Erreger von einander abstehen, desto stärter erscheint die elektrische Spannung.

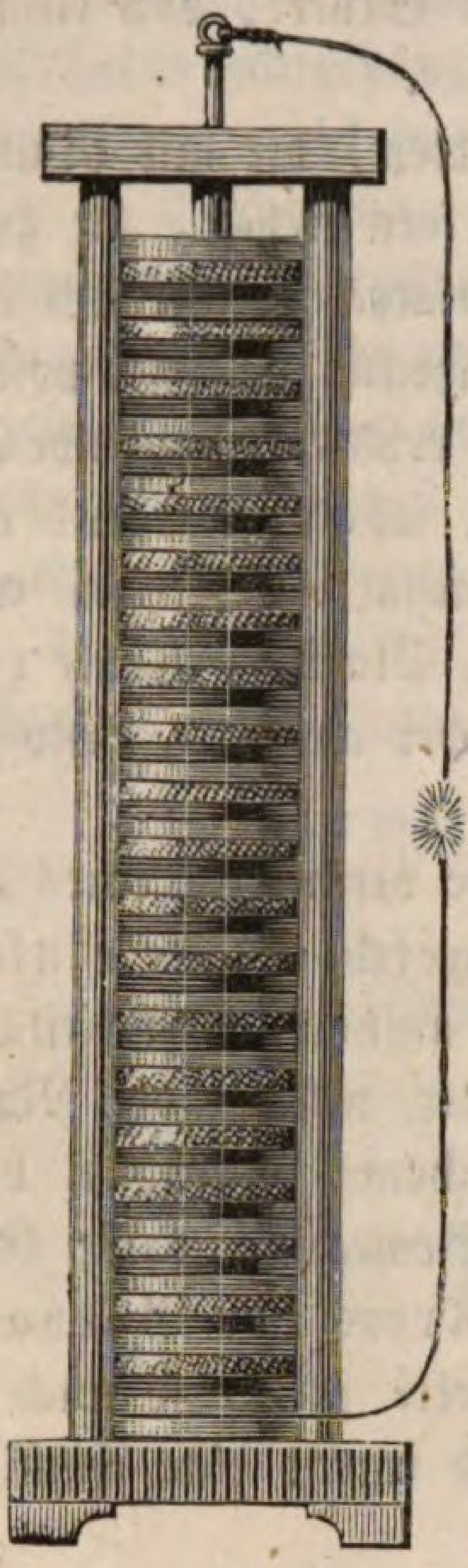
»4. Verbinden wir das Zink- und das Kupferende vermittels eines Drathes oder andern Leiters, so haben wir die sogenannte geschlossene einfache Volta'- oder Galvani'sche Kette. Da sie nicht aufhört, Elektricität zu erregen; so nehmen wir auch an, daß durch jenen Leiter, welcher den Namen Galvani'scher Konduktor führt, ein ununterbrochenes Strömen beider Elektricitäten stattfindet. Diese ganz eigenthümliche Bewegung heißt Galvani'scher Strom, und der Weg, den sie verfolgt, Kreis der Galvani'schen Kette. Wie es übrigens eine geschlossene Kette giebt, so auch eine offene, bei letzterer werden die Elektromotore blos durch irgend eine Flüssigkeit mit einander in Verbindung gesetzt.

»5. Die Kraft, welche bei der in Rede stehenden Erscheinung in Thätigkeit ist, wird die elektromotorische Kraft genannt; sie hat ferner ihren Sitz an denjenigen Stellen, wo sich die Metalle gegenseitig berühren, und wirkt daselbst auf die beiden Elektricitäten, welche bis jetzt mit einander verbunden waren, beständig zersetzend ein. Es strömt z. B. die + E des Kupfers nach der Zinkplatte und vereinigt sich mit deren + E: die negative E des Zinks hingegen macht, gerade umgekehrt, den Weg zur Kupferplatte, gleichsam, um dessen — E zu verstärken. Wir sprechen daher von einem Strome positiver und von einem andern negativer Elektricität: jener nimmt seine Richtung vom negativen Metalle zum positiven, dieser vom positiven zum negativen Metalle hin.

Zu dem Geschäfte, dessen ich mich nach den gegebenen Erläuterungen über die ersten Versuche der Kontakt- oder Berührungs-Elektricität unterziehen will, bedarf ich nicht nur alle mir zu Gebote stehenden Zink- und Kupferplatten, sondern auch diese Tuchscheiben, welche mit einer sehr verdünnten Säure (Wasser oder Essig, stark mit Kochsalz vermischt, leistet gleichfalls gute Dienste) getränkt worden sind Ich lege nun auf meinen hölzernen Untersatz mit dessen 3 Glasstäben sämmtliche Metallplatten und Tuchscheiben so, daß 1. regelmäßig auf ein Zink- ein Kupferstück, oder auch umgekehrt, kommt; daß 2. je 2 solcher Plattenpaare durch eine Tuchscheibe von einander getrennt werden; und daß 3. die Endplatten verschieden, d. h. so sind, daß die Säule, wenn sie beispielsweise mit einem

Kupferstück begonnen hat, mit einem Zinkstücke schließt; kurz, ich befolge die Anordnung: *kzfkzf...fkz*, oder *zkfzkf...fzk*. Uebrigens findet ihr auch die unterste und die oberste Platte doppelt gelegt. Nur Dies hat es mir möglich gemacht, an die Enden der Säule die nöthigen Metalldräthe zu befestigen. Für Solche, die noch nie einen ähnlichen Aufbau gesehen haben, diene die hier beigefügte 268ste Figur; wir indeß achten sorgfältig auf die interessanten Versuche, zu denen er uns eine so vortreffliche Gelegenheit darbietet.

Fig. 268.



Erster Versuch. Ich halte zuvörderst den untern Drath mit der linken, den obern mit der rechten Hand, und empfinde nicht nur in dem Augenblicke, da ich die Kette schließe, einen bedeutenden Schlag, sondern auch noch später eine fortdauernde elektrische Erschütterung. Einen ähnlichen Schlag, jedoch von geringerer Stärke, erhalte ich, wann ich die Kette wieder öffne. Hierauf mache ich beide Hände naß und wiederhole meinen Versuch. Und sehet! die eigenthümlich brennende Erschütterung verbreitet sich beinahe bis zur Handwurzel hin. Nehme ich nun in jede Hand einen silbernen Löffel, die beide vorher in eine Salzauflösung getaucht worden sind, und berühre vermittels derselben die Dräthe der Säule; so tritt die Wirkung in einem noch höhern Grade auf und verschont selbst meine Unterarme nicht mehr. Leite ich endlich die Dräthe in ein Gefäß mit Wasser, und lege dann meine Hände flach auf den Spiegel dieser Flüssigkeit; so erneuert sich bei mir das bekannte elektrische Gefühl und erschüttert mich wirklich auf eine recht bedeutende Weise. — Untersuchet nun, obwol ihr 1. auch an euch alle diese Erscheinungen wahrnehmt, und 2. die Säule, indem ihr euch gegenseitig mit nassen Händen anfaßt und eine Reihe bildet, dahin bringen könnt, euch Allen in demselben Moment die Erschütterung mitzutheilen! Bei eurem letzten Experimente haben die beiden Flügelleute, damit die Kette nach Vorschrift geschlossen werde, die Metalldräthe der Säule zu erfassen.

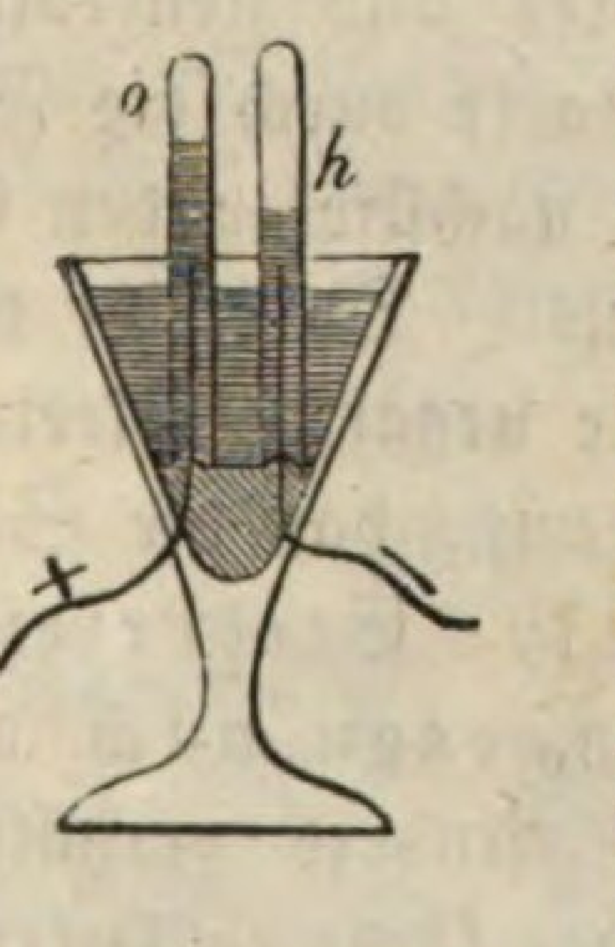
Zweiter Versuch. Nachdem ich das eine Ende der Säule (es sei beispielsweise das Kupferende) mit der Erde leitend verbunden habe, offenbart mir, wenn ich in dessen Nähe ein recht empfindliches Elektroskop bringe, das andere, daß es Elektricität besitzt. Bei genauerer Untersuchung finde ich es positiv elektrisch. An das Kupferende der Säule, während von dem Zinkende bis zur Erde eine metallne Kette hinabhängt, gehalten, zeigen die Kügelchen des feinen Instrumentes negative Elektricität. So wird dann mit Recht das Zinkende der **positive**, das Kupferende der **negative** Pol der Säule genannt. Mit Hülfe meines neuen Instruments und recht guter Kondensatoren kann ich Verstärkungsflaschen laden, Lichtenbergische Figuren zeichnen, kurz alle Wirkungen der durch Reiben entstandenen Elektricität anschaulich machen.

Dritter Versuch. Die Vorrichtungen zu meinem dritten Versuche sind sehr einfach; ich habe nämlich nur den einen Drath der Säule an seinem freien Ende mit Goldschaum zu umhüllen. Es sei geschehen. Indem ich hierauf jenen Drath dem Häkchen am zweiten Pole nähere, sprüht ein kleiner Funken heraus, und verzehrt da, wo er ihn getroffen hat, den Goldschaum. Kraft dieses Funkens läßt sich noch so manche andere merkwürdige Erscheinung hervorrufen.

Vierter Versuch. Ich befestige zwei in feine Spitzen auslaufende Kohlenstükke an die Leitungsdräthe der Säule und nähere sie hierauf einander fast bis zu ihrer unmittelbaren Berührung. Sofort zeigt sich an beiden Kohlenspitzen ein schönes, ja ein ungemein glänzendes Licht. Bringe ich die Kohlenstükke an die Oberfläche irgend einer brennbaren Flüssigkeit, beispielsweise des Weingeistes in dem vor euch stehenden Gefäße; so nehmt ihr wahr, daß der Weingeist sich in eine liebliche Flamme umbildet. — Als Davy, der hochberühmte englische Physiker, Kohlenstükke von 1 Zoll Länge und $\frac{1}{6}$ Zoll Dikke bis $\frac{1}{30}$ Zoll einander nahe gebracht hatte, erschien ihm ein lebhafter Funken, und mehr als die Hälfte derselben ward augenblicklich weißglühend. Ueberaus prachtvoll fiel später auch derjenige Lichtstrom aus, welcher zwischen den beiden Kohlenspitzen, als sie sich noch in einer gegenseitigen Entfernung von 4 Zoll befanden, zum Vorschein kam. Jeder in ihn gebrachte Körper ward stark erhitzt: Platina z. B. schmolz, wie Wachs; auch Quarz, Kalk, Sapphir und andere Steine kamen in Fluß. Diamant, Stückchen Kohle und Reißblei endlich verschwanden augenblicklich, und schienen sich in dem gewaltigen Feuer, ohne vorher geschmolzen worden zu sein, verflüchtigt zu haben. Selbst durch ungleich schwächere Säulen, als Davy sie besaß, kann ein Platinadrath von 20 Zoll Länge und $\frac{1}{20}$ Zoll Dikke so schnell weißglühend gemacht werden, daß das Auge den Glanz fast nicht zu ertragen vermag und das Metall nach wenigen Sekunden tropfenweise herabfällt.

Fünfter Versuch. Ihr seht hier: 1. ein Glas; 2 zwei Platinadräthe, *f* und *f'* (Fig. 269), die in den Boden jenes Gefäßes gehen, ziemlich dünn, auf ihrem innern Ende zugespitzt und daselbst nur um einige Linien von einander entfernt sind; 3. zwei Röhren, gleichfalls von Glas, *o* und *h*, welche ich, wie auch den Becher, mit destillirtem Wasser angefüllt und dann so umgekehrt ins größere Gefäß gestellt habe, daß sich über jedem der Dräthe *f* und *f'* eine Glasröhre befindet. Wenn ich nun das untere Metallstäbchen der Säule mit dem einen, das obere mit dem andern Drathe leitend verbinde; so entwikkeln sich fortwährend Gasblasen und häufen sich im Glasglöckchen zu einer immer größern Luftmenge an. Die Gasblasen in *o*, das zum Zinkende der Säule hinführt, sind reines Sauerstoff-, die in *h* aber, welches mit dem Kupferende zusammenhängt, reines Wasserstoff-Gas. Dieser Versuch zeigt uns aufs schlagendste die Zersetzbarkeit des Wassers. Die Gasbildung würde übrigens noch lebhafter erfolgt sein, hätte ich einige Körner Salz in Wasser aufgelöst, oder diese Flüssigkeit mit wenigen Tropfen irgend einer Säure vermischt. In welcher Weise ich auch meinen Versuch anstellen möge; stets ver-

Fig. 269.



hält sich mit Rücksicht auf das Volumen der entwickelte Sauerstoff zum Wasserstoffe, wie 1 zu 2: kurz, es werden beide Gase ganz so ausgeschieden, wie sie sich auch wieder zu Wasser verbinden. Bestehen die Dräthe f und f' nicht aus Platin oder Gold, sondern aus Silber, oder vielleicht gar aus einem unedlen Metalle, so gelingt das Experiment kaum zur Hälfte; wir sehen nämlich dann am innern Ende desjenigen Stäbchens, welches zu dem Zinkpole der Säule hinführt, anstatt des Sauerstoffgases nur einen Metallkalk.

Diesen Versuchen lasse ich nun einige Erklärungen folgen; höret!

1. Das neue Instrument führt zu Ehren Volta's, seines Erfinders, den Namen Volta'sche Säule, wird aber auch zuweilen, weil es die Galvani'sche Elektricität sehr verstärkt, Galvani'sche Batterie genannt. Jedes einzelne seiner vielen Plattenpaare bildet ein Glied oder Element. Ueber die Benennungen: »Zink- und Kupferpol, positiver und negativer Pol,« habe ich euch schon bei Gelegenheit meines zweiten Experimentes das Nöthige mitgetheilt.

2. Die Güte einer Volta'schen Säule, hauptsächlich einer solchen, wie ich sie euch aufgebaut habe, beruht vorzugsweise auf derjenigen Flüssigkeit, in welche die Tuch-, Filz-, oder Pappscheiben getaucht werden sollen. Eine Auflösung von Kochsalz in Essig ist vor Allem empfehlenswerth. Nächst der Flüssigkeit sind aber auch Zahl und Größe der Metallplatten von besonderm Einflusse: einige Erscheinungen nämlich, z. B. die Erschütterung und die Wirkung der Säule auf das Elektroskop, nehmen mit der Zahl, hingegen andere, das Erwärmen und Verbrennen der Metalle, das Zersetzen irgend eines Körpers in dessen Bestandtheile u. s. w., mit der Größe der Platten zu. Von der Größe der Platten scheint die Menge, von der Zahl derselben die Stärke der entwickelten Elektricität abzuhängen.

3. Jede einfache Kette der Säule wird, wie wir wol annehmen dürfen*), durch die chemische Einwirkung der Flüssigkeit elektrisch erregt. Ein Theil der beiden Elektricitäten verbindet sich augenblicklich wieder; hingegen ein anderer, auf den ihr vorzugsweise zu achten habt, bleibt frei. Es geht nun 1. die positive Elektricität der Zinkplatte durch die Flüssigkeit zu der negativen Elektricität der Kupferplatte des vorhergehenden Paares und neutralisirt dieselbe; eben so 2. die negative Elektricität der Kupferplatte durch die Flüssigkeit zu der positiven Elektricität der Zinkplatte in dem nächstfolgenden Element der Säule und übt dort einen gleichen Einfluß aus. So bleibt denn freie positive Elektricität in dem vorhergehenden und freie negative Elektricität in dem nachfolgenden Plättchenpaare. Vorausgesetzt nun, daß die Säule isolirt ist, nimmt von deren Mitte aus die freie positive Elektricität nach dem Zink-, die negative Elektricität hingegen nach dem Kupferpole in arithmetischer Progression zu. Anders verhält es sich mit der Säule, wenn der eine Pol derselben mit der Erde in leitender Verbindung steht. Dann zeigt nämlich dieser Pol gar keine Elektricität; der andere aber besitzt sie, weil sie durch die ganze Säule im Wachsen begriffen ge-

*) Alles, was ich euch hier mittheile, ist zwar nur eine Hypothese, jedoch eine solche, die, weil sich auf sie alle Erscheinungen so leicht zurückführen lassen, fast aufgehört hat, eine Hypothese zu sein. Sie rührt von de la Rive her.

wesen ist, in doppelter Stärke. Die Säule ladet sich übrigens nach jedem hervorgerufenen Schlage wieder von selbst.

4. Nicht nur das Wasser, sondern auch die Oxyde, Salze, ja selbst die Alkalien, welche die Gelehrten fast bis auf die neueste Zeit für einfache Stoffe gehalten haben, werden durch die Volta'sche Batterie zersetzt. Aus Mangel der nöthigen Apparate beschränke ich mich hier auf den einen Versuch, der uns die Zerlegung der Salze sichtbar macht. — So fülle ich denn zuvörderst diese Uförmig gebogene Röhre (Fig. 270) mit einer blau gefärbten Salzauflösung an und tauche dann auf der einen Seite den positiven, auf der andern den negativen Poldrath der Säule in die genannte Flüssigkeit. Wie ich Letzteres thue, färbt sich die Salzauflösung am positiven Pole roth, am negativen grün. Vertausche ich die beiden Poldräthe, so bemerken wir einen doppelten Vorgang: 1. stellt sich die ursprünglich blaue Färbung wieder ein; 2. erscheint gleich nachher das Roth da, wo vorhin das Grün sich befand, und so umgekehrt.

Fig. 270.



5. Die schönste Anwendung von der chemischen Wirksamkeit der Kette ist die Galvanoplastik. Ehe ich euch indeß über sie das Nothwendige mittheilen kann, müßt ihr wenigstens mit noch einigen andern Formen der Galvani'schen Kette bekannt geworden sein.

Die Säule, welche ich euch aufgebaut habe, trägt gar viele Uebelstände an sich. Abgesehen davon, daß die untern Scheiben, indem sie durch die obern stärker zusammengedrückt werden, leicht in die ihnen schädliche Trokkenheit übergehen (gewöhnlich rinnt die Flüssigkeit auch an und neben der Säule herunter), belegen sich die Zink- und die Kupferplatten da, wo sie die feuchten Leiter berühren, schnell und in reichem Maße mit einer Rinde Salz und Metallkalk, und nöthigen uns daher, sie, falls sie neue Wirkungen zeigen sollen, einer mühsamen Reinigung zu unterwerfen. Von diesem Uebelstande sind die sogenannten constanten, d. h. unveränderlichen Batterieen frei. Hier mache ich nur auf Bunsen's Zink-Kohlen-Batterie aufmerksam. Als Erfinder der constanten Batterieen steht Becquerel da.

Zur nähern Kenntnißnahme der Bunsen'schen Batterie, die bei einem verhältnißmäßig sehr geringen Kostenaufwande (bei ihr wird nämlich das theure Platin durch die wohlfeile Kohle ersetzt) ungemein kräftige Wirkungen hervorbringt, diene euch zunächst die nebenstehende 271ste Figur! — Das Hauptgefäß besteht aus Glas; in dasselbe hat man einen Kohlen-Cylinder gebracht, der hohl, unten offen, gegen 5 bis 6 Zoll hoch, halb so breit und von äußerst geringer Wanddikke ist. Jenes Gefäß verengt sich nach oben hin, so daß zwischen ihm und dem Kohlen-Cylinder kein merklicher Raum frei bleibt. Gerade dieser Umstand bedingt den festen Stand des Kohlen-Cylinders im Glase. Als der dritte Haupttheil der Bunsen'schen Batterie steht ein hohler, unten verschlossener Cylinder von porösem

Fig. 271.



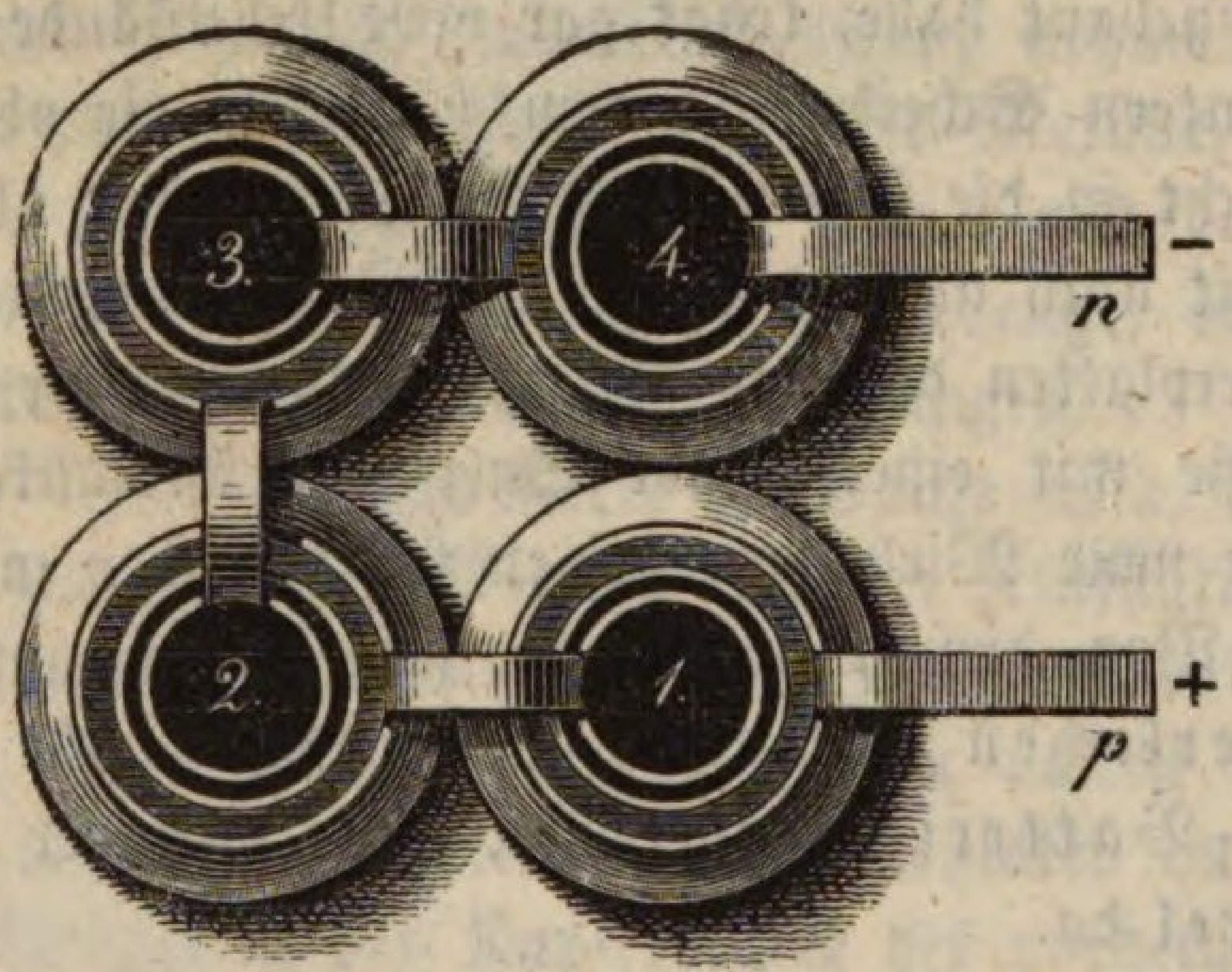
Thone da, der bei einer Höhe von ungefähr 5 Zoll einen solchen Durchmesser besitzt, daß er, in den Kohlen-Cylinder gestellt, zwischen diesem und sich auch nur einen ganz geringen Raum unausgefüllt läßt. Daß das aus dem Glase hervorragende obere Ende des Kohlen-Cylinders schwach kegelförmig abgedreht ist, macht es uns möglich, dort einen gleichfalls conischen, aber aus Zink bereiteten Ring, *a* (Fig. 272), fest aufzusetzen. Letzterer trägt, und zwar vermittels eines Bügels von demselben Metalle, *b*, einen hohlen Zink-Cylinder, *c*, dessen Höhe etwa 3 bis 4 und dessen Durchmesser gegen 2 Zoll beträgt, und der, was vorzugsweise zu beachten ist, in der Thonzelle des folgenden Glases hängt. Jede Thonzelle der Bunsen'schen Batterie wird mit verdünnter Schwefelsäure, jenes Glas aber, und zwar dieses bei eingesetztem Thon-Cylinder bis zum verengten Halse hin, mit concentrirter Salpetersäure angefüllt.

Fig. 272.



Befürchtend, es dürfte euch noch immer nicht recht klar geworden sein, in welcher Weise die Zinkkohlenpaare mit einander zusammenhängen, habe ich in der nebenstehenden 273sten Figur vier solcher Paare im Grundrisse dargestellt. Sämmtliche Kohlen-Cylinder sind durch feine, wagerechte Striche angedeutet. Von den beiden weißen Ringen eines jeden Kohlen-Cylinders stellt der innere Ring den Zink-, der äußere den Thon-Cylinder vor. Letzterer kann auch von oben gesehen werden. Wie endlich der Zink-Cylinder des ersten Glases mit demjenigen Zinkringe, welcher den Kohlen-Cylinder des zweiten Glases umfaßt, durch einen Bügel verbunden ist; wie auf ganz dieselbe Weise ein Zinkbügel den Zink-Cylinder des zweiten mit dem Zinkringe des dritten Glases, und ein eben solcher Bügel den Zink-Cylinder des dritten mit dem Zinkringe des vierten Glases in Zusammenhang bringt: dies Alles ist aus der Zeichnung klar und deutlich zu ersehen. Der Zinkstreifen *p*, in den der Ring auf dem ersten Kohlen-Cylinder sich endigt, dient als positiver, hingegen der Zinkstreifen *n*, in welchen der Zink-Cylinder im vierten Glase ausläuft, als negativer Pol der Batterie.

Fig. 273.



Alle Galvani'schen Batterieen, die ihr bisher kennen gelernt habt, werden, weil bei ihnen irgend eine Flüssigkeit in Anwendung kommt, nasse Batterieen genannt. Ihnen entgegengesetzt sind die trokkenen. Letztere besitzen gleichfalls Elektromotore von metallischen Substanzen; allein der Leiter, welcher je zwei Paare von einander scheidet, ist ein bald vollkommen trokkener, bald mit einer geringen Feuchtigkeit begabter fester Körper. Keine trokkene Säule wirkt vielleicht besser, als die von Zamboni, Professor der Physik zu Verona, vor-

geschlagene und wiederholt aufgebaute. Erwäget: 1. daß sie aus 2 bis 4 Tausend Papierscheiben von anderthalb bis 2 Zoll Durchmesser besteht; 2. daß jede dieser Scheiben auf der einen Seite vergoldet oder versilbert (meist hat man vermittels Gummi oder Stärke unächten Silberschaum aufgeklebt), hingegen auf der andern mit fein pulverisirtem Braunstein (Mangan-Oxyd), den man mit Hülfe eines Korkstöpsels einreibt, begabt ist; 3. daß in der Säule dieselben Metallflächen auch stets nach derselben Gegend hin liegen; endlich 4., daß an beiden Enden des eigenthümlichen Aufbaues, um eine vollständige gegenseitige Berührung der Papierscheiben zu erzielen, starke Metallplatten, überhaupt sie gut pressende Mittel, vorhanden sind. — Wasfür eine trokkene Säule wir auch errichtet haben mögen; immer werden wir zu den Resultaten gelangen, daß sie sich, wie eine Volta'sche, von selbst ladet, chemisch äußerst schwach, ja fast gar nicht, mechanisch aber, auch wenn sie der Plattenpaare nur 5 bis 6 Hundert zählen sollte, merklich wirkt.

Zu den wichtigsten Anwendungen der trokkenen Säule gehören:

a. eine Art Perpetuum mobile. — Gesetzt, ich hätte zwei Zamboni'sche Säulen, deren jede mindestens 2000 Scheibenpaare enthielte, so neben einander gestellt, daß ihre untern Pole ungleichnamig und durch einen Metallstreifen leitend verbunden wären; »müßte dann nicht eine ganz leichte metallische Nadel, zwischen den beiden obern, natürlich gleichfalls verschiedenen Polen genau in der Mitte aufgehängt, in dem Augenblick, da ich sie an den einen Pol tippen ließe, in eine ununterbrochene Bewegung gerathen?« Nun ihr beantwortet, dabei vielleicht des elektrischen Glokkenspieles u. dgl. eingedenk, meine Frage mit Ja! allein die Schwingungen erfolgen, weil den Polen außer der Nadel auch die Luft Elektricität entzieht, keineswegs so regelmäßig, als wir bei einer sonst fehlerfreien Aufstellung des Apparates vermuthen sollten; sie werden vielmehr, je nachdem die Luft an Trokkenheit oder Feuchtigkeit gewinnt, bald schneller, bald langsamer, ja hören wol eine Zeitlang gänzlich auf. So steht es denn auch mit dem elektrischen Perpetuum mobile noch übel genug. —

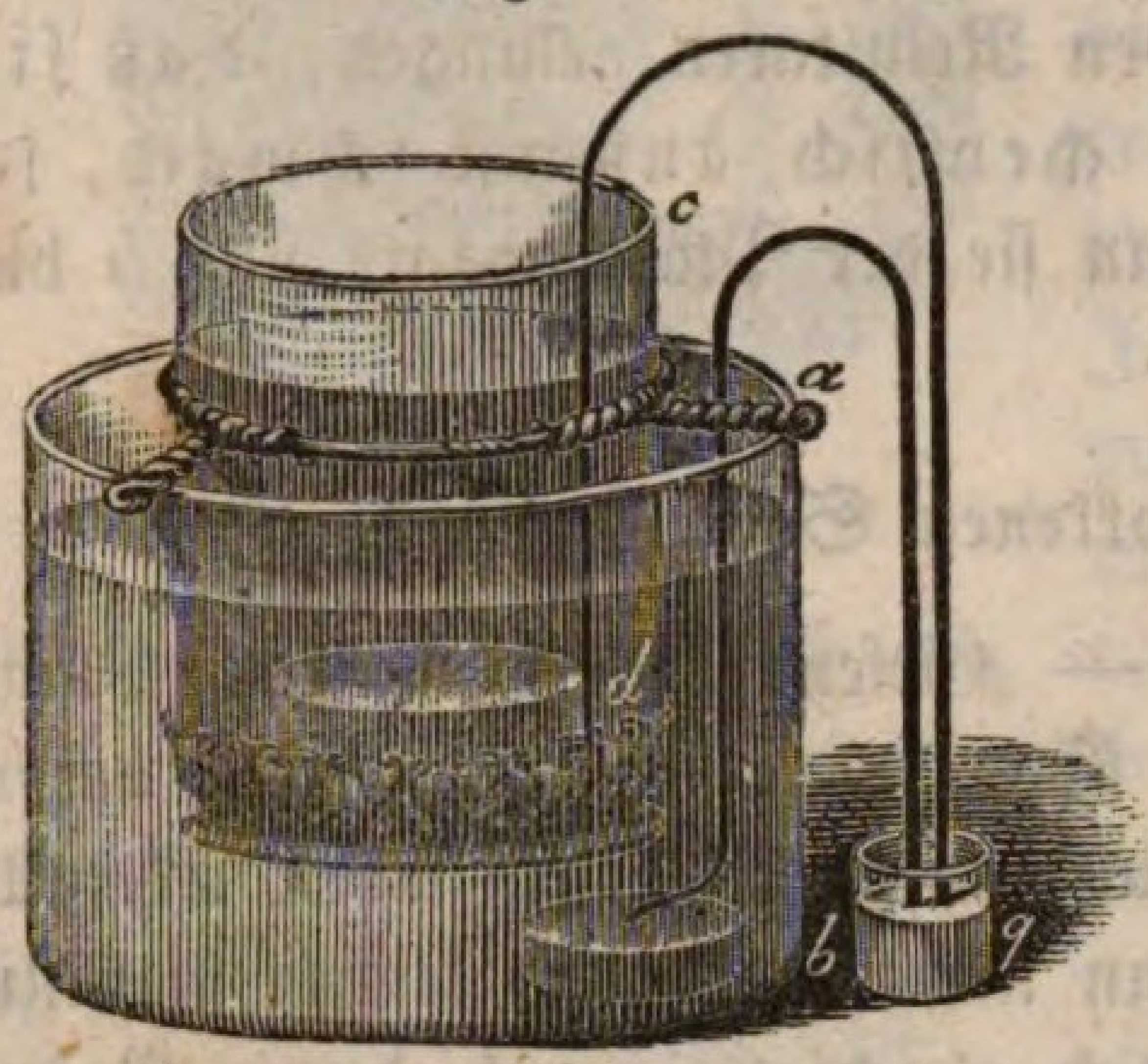
b. Bohnenberger's Elektroskop, unstreitig das vollkommenste Instrument seiner Klasse. — Bei ihm hängt in einer Glasglokke, und zwar in gleicher Entfernung zwischen den obern Polen von 2 Zamboni'schen Säulen, ein Goldblättchen, das sich sogleich, da entweder dem positiven, oder dem negativen Pole auch nur die geringste Gabe Elektricität mitgetheilt wird, nach der einen oder andern Seite hin bewegen muß. — Die mancherlei Abänderungen dieses feinen Instrumentes übergehe ich hier.

Ich komme endlich auf die Galvanoplastik zurück, d. h. auf die Kunst, verschiedene Gegenstände, z. B. Münzen, Holzschnitte, Gipsabdrükke u. dgl m., ohne besondere Mühe in Kupfer darzustellen. Diese schönste aller Anwendungen von der chemischen Wirkung der Kette, welche uns zuerst von Jacobi und etwas später von Spencer mitgetheilt worden ist, gründet sich auf den merkwürdigen Umstand, daß der Galvani'sche Strom eine Salzauflösung nicht immer vollständig zersetzt, z. B. eine Auflösung von Kupfervitriol nur in der Weise, daß sich das Kupfer an dem negativen Pole ausscheidet, der Sauerstoff

aber auf der andern Seite aus seiner bisherigen Verbindung tritt. Auf jenen metallischen Niederschlag des Kupfers habt ihr hierbei hauptsächlich zu achten. Möchte es doch irgend einem Techniker recht bald gelingen, die schöne Aufgabe: »die Galvanoplastik zu einem Gemeingute der Industrie zu machen,« vollkommen zu lösen!

Gesonnen, Münzen, Medaillen, u. s. w. auf die obige Weise in Kupfer nachzubilden, habt ihr euch zuvörderst einen Apparat zu verschaffen, der dem, welchen ihr hier (Fig. 274) abgebildet seht, mehr oder weniger gleicht. Beachtet

Fig. 274.



1. das größere Glasgefäß *ab*, welches 6 bis 8 Zoll im Durchmesser hält und an seinem obern Ende nie verschlossen wird; 2. das kleinere Glasgefäß *cd*, auf dessen unterer Oeffnung eine Thierblase angebracht, und um welches etwas über seiner Mitte ein Drath, dessen drei Arme auf dem Rande von *ab* liegen und die Träger des innern Glasgefäßes sind (die Thierblase bleibt gewöhnlich $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll vom Boden des Gefäßes *ab* entfernt), fest gewunden ist; 3. den Zinkblock bei *d* im kleinern Gefäße (er ruht auf einem aus Holzstäbchen bereiteten Kreuze); 4. das Näpfchen *q*, in welches bei dem Gebrauche Quecksilber gegossen wird; 5. die Form im größern Gefäße (die Figur zeigt sie euch etwas links vom Buchstaben *b*); endlich 6. zwei Kupferdräthe, von denen der eine Drath die Form, der andere den Zinkblock, an welchen er gelöthet worden ist, mit dem Quecksilbernäpfchen verbindet! In dem innern Gefäße findet sich sehr verdünnte Schwefelsäure, zwischen ihm und dem äußern Gefäß aber eine Lösung von Kupfervitriol. Um eine schöne Form zu erhalten, schmelzet nur Wachs und Stearin mit fein gestoßenem Graphit zusammen, und gießet auf die Münze, nachdem ihr sie mit einem Papierrande versehen habt, die genannte Flüssigkeit; um sie ferner leitend zu machen, beschenket sie, indem ihr dabei einen zarten Pinsel gebraucht, mit einer sehr dünnen Schicht von jener pulverisirten Graphitmasse! Letzterer Umstand raubt ihr an Schärfe und Reinheit nicht das Geringste. Offenbar muß in der Lösung von Kupfervitriol diejenige Formfläche, welche den leitenden Ueberzug erhalten hat, nach oben gekehrt sein. Damit sich nicht etwa auch auf dem Draththeile, der in die Lösung von Kupfervitriol getaucht ist, metallisches Kupfer absetze, dürft ihr endlich nicht vergessen, denselben bis auf die Stelle, welche die Form berührt, mit Siegel- oder Schellack, überhaupt mit einem Nichtleiter der Elektricität, zu überziehen.

Je nachdem der im Apparate circulirende elektrische Strom stärker oder schwächer ist, setzt sich auch das Kupfer auf die Graphitfläche schneller oder langsamer ab, wird ferner die Vitriollösung, was als eine Wirkung von jenem metallischen Niederschlage dasteht, mehr oder weniger hell. — Nur so viel über einen Gegenstand, von dem wir wahrscheinlich noch viel zu erwarten haben.

§. 14.

Der Elektro-Magnetismus.

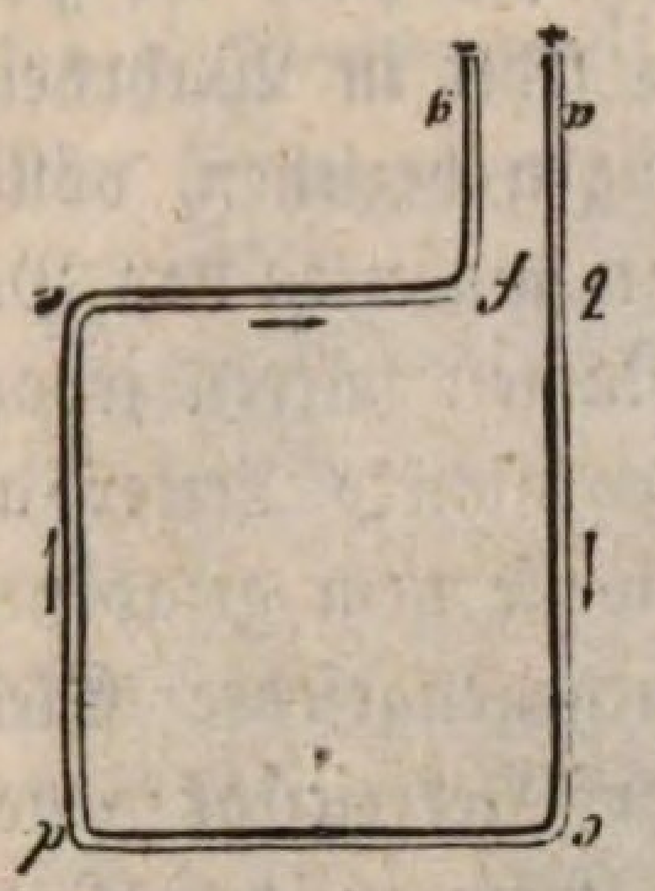
Für eine sehr wichtige Eigenschaft der Elektricität erklärte ich zuvörderst ihre Anziehungskraft. Auch der Magnetismus leitete uns zuerst auf diese seine Eigenschaft hin. Als wir ferner die Unterschiede zwischen der positiven und der negativen Elektricität aufsuchten, fanden wir, daß z. B. Korkkügelchen, mit gleichartiger Elektricität begabt, sich abstießen, — hingegen, mit ungleichartiger Elektricität erfüllt, einander anzogen. Ganz dasselbe Verhältniß habt ihr zwischen den beiden Polen des Magnets kennen gelernt. Es fehlt in Wahrheit, wenn nämlich die Gesetze, welche sich auf diese Erscheinungen beziehen, völlig gleich lauten sollen, nichts weiter, als daß wir den einen magnetischen Pol den positiven, den andern den negativen nennen. Diese Namen hätten jedoch hier keinen Sinn. Ich erinnere euch weiter daran, daß jeder isolirte Leiter an demjenigen Ende, welches einem elektrischen Körper, beispielsweise dem geladenen Konduktor einer Elektrisir-Maschine, zugekehrt ist, die entgegengesetzte Elektricität, allein an dem andern Ende die gleichnamige von der Elektricität jenes Körpers zeigt. Auch diese Erscheinung stellt uns ein Stück Eisen in der Nähe irgend eines magnetischen Poles dar; »oder habt ihr vielleicht nicht gesehen, daß z. B. der an dem Nordpole eines Magnets hängende Theil einer stählernen Nadel zum Südpole, der jenem Magnet abgewandte Theil aber zum Nordpole, folglich zum gleichnamigen Pole, wird?« Die Aehnlichkeit zwischen der Elektricität und dem Magnetismis tritt auch dann hervor, wenn wir mit den Leitern der Elektricität weiches, mit den Nichtleitern derselben gehärtetes Eisen oder Stahl vergleichen.

Alle diese Aehnlichkeiten, besonders aber solche, welche sich auf die Anziehung und die Abstoßung beziehen, sind wirklich zu groß, als daß die Physiker nicht schon längst zwischen der Elektricität und dem Magnetismus einen bedeutenden Zusammenhang hätten vermuthen sollen. Leider blieben nur früher sämmtliche Untersuchungen, die hierüber zur Gewißheit führen sollten, ohne einen günstigen Erfolg. So manche Erscheinung, unter andern diejenige, daß Kompaßnadeln, welche vom Blitze getroffen werden, die Eigenschaft verlieren, den Weg der Schiffe sicher zu bestimmen, rief man zwar durch die Entladung elektrischer Verstärkungsflaschen einiger Maßen hervor; allein von regelmäßigen Ergebnissen war dabei keine Rede, so daß man sich auch mit der Annahme: »der elektrische Schlag wirkt auf die Magnetnadel ungefähr so, wie der Schlag eines Hammers,« begnügen mußte. Erst i. J. 1820 entdeckte der dänische Naturforscher Oersted den schon von so Vielen geahneten Zusammenhang. So eben damit beschäftigt, die Einwirkung des elektrischen Stromes auf die dem Metalldrathe genäherten Magnetnadeln kennen zu lernen, stellten sich ihm zu seiner größten Freude und Verwunderung die räthselhaftesten Erscheinungen dar. Sie alle heißen elektro-magnetische Erscheinungen, und sind übrigens viel zu zahlreich und zu mannigfaltig,

als daß es mir möglich wäre, hier über sie vollständig zu sprechen; nur auf einige derselben lenke ich daher eure Aufmerksamkeit.

Um die Fundamental-Versuche über die Einwirkung eines elektrischen Stromes auf Magnete anzustellen, bedarf ich 1. einer gewöhnlichen Kompaßnadel; 2. einer Galvani'schen Batterie von großer Oberfläche, etwa einer solchen, wie sie uns Bunsen in seiner Zink-Kohlen-Batterie gegeben hat; und 3. eines etwas starken, so gebogenen Kupferdrathes, daß er ein Quadrat von 8 bis 10 Zoll langen Seiten bildet, und daß ferner dasselbe in die Ebene des magnetischen Meridians fällt. Die beiden Enden des Drathes, *ba* und *fg* (Fig. 275), tauche ich in die Quecksilbernäpfchen meiner Batterie, die Kompaßnadel aber halte ich nach einander gerade **über** und **unter** die Drathstükke *cd* und *ef*. Vorausgesetzt, daß das Ende *ba* mit dem positiven Quecksilbernäpfchen in Verbindung steht, deuten euch die Pfeile in der Figur aufs genaueste an, in welcher Weise der elektrische Strom circulirt: von *b* bis *c* steigt er in die Höhe; von *c* bis *d* läuft er horizontal, und zwar in der Richtung von Süden nach Norden im magnetischen Meridian; von *d* bis *e* geht er abwärts; von *e* bis *f* endlich bewegt er sich zum zweiten Male wagerecht, jetzt aber, der Richtung von *c* bis *d* entgegengesetzt, von Norden nach Süden.

Fig. 275.

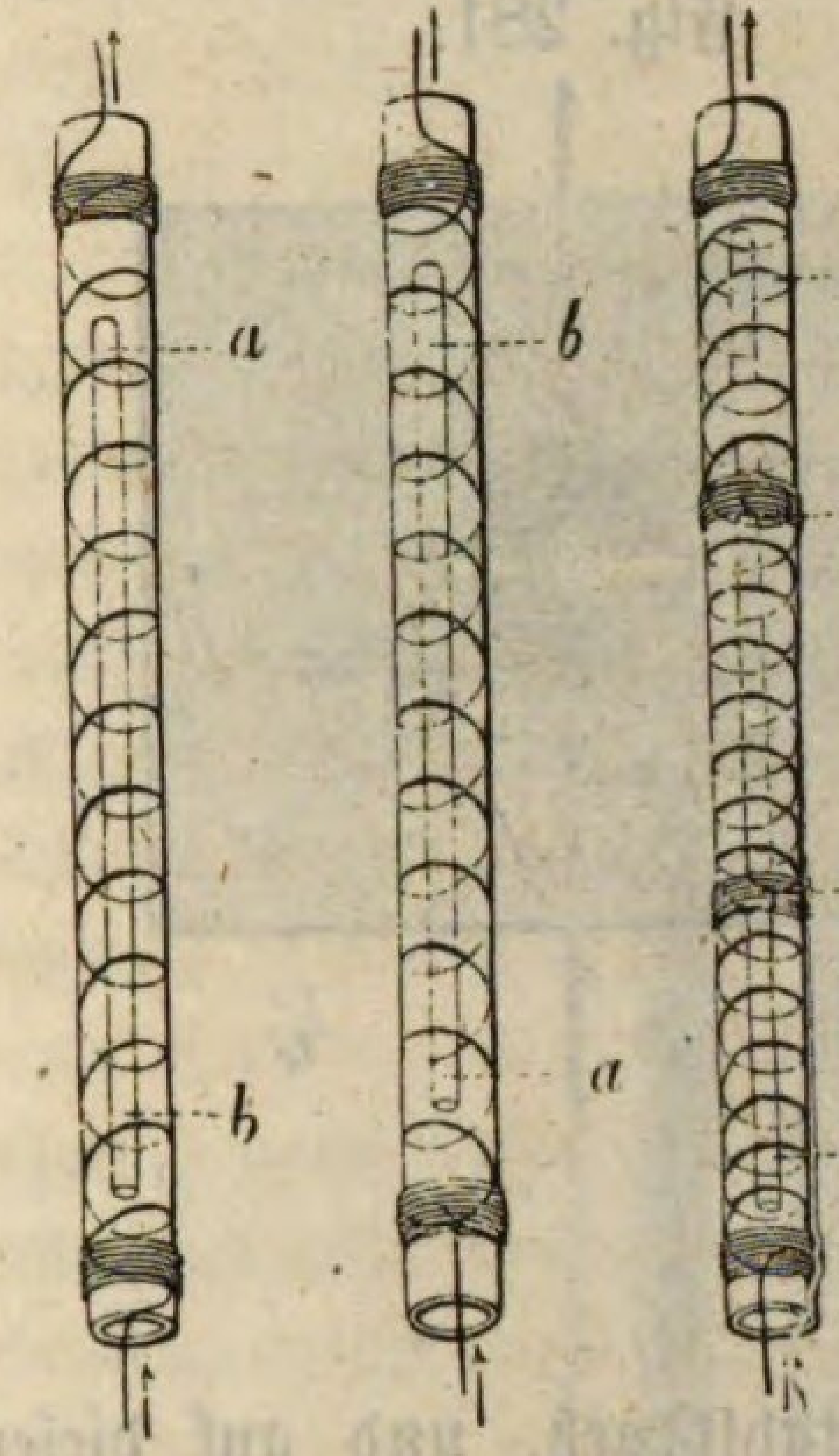


Es fragt sich nun: »welchen Einfluß übt er auf die Magnetnadel aus?« Befindet sich dieselbe 1. **über** *cd*, so weicht ihr Nordpol (ich meine hier den wirklich nach Norden gerichteten Pol, den Einige den Südpol nennen,) nach Osten ab; 2. **unter** *cd*, dann kommt er westlich vom magnetischen Meridian zu liegen. Bei dem Drathstükke *ef* ferner treten die bezeichneten Erscheinungen in umgekehrter Ordnung ein, d. h., wir nehmen zuerst eine westliche, dann aber, wenn wir die Nadel **unter** *ef* halten, eine östliche Abweichung wahr. Auch der **vertikal** gerichtete Strom in *bc* und *de* bringt eine veränderte Richtung der Nadel zuwege; er zieht nämlich den Nordpol derselben bald an, bald stößt er ihn ab, je nachdem sich dieser Pol auf der **einen**, oder der andern Seite des Drathes befindet. Um recht klar über die verschiedenen Verhältnisse zu werden, welche zwischen der Richtung des elektrischen Stromes **einer**= und der Richtung der durch ihn abgelenkten Nadel andererseits stattfinden, denket euch eine kleine menschliche Figur so in den Leitungsdrath geschoben, daß der positive Strom bei den Füßen ein=, mithin an dem Kopfe austritt, und merket euch dann die einfache Regel: »**kehrt die Figur ihr Gesicht der Nadel zu, so ist der Nordpol stets nach der linken Seite abgelenkt!**« Offenbar nimmt die Figur in den verschiedenen Richtungen des Leitungsdrathes auch eine verschiedene Stellung ein. Geht der Strom, wie in *cd* und *ef*, horizontal; dann liegt sie, je nachdem wir die Nadel über oder unter den Leitungsdrath halten, entweder auf dem Rükken, oder dem Bauche: steigt er, wie in *bc*, auf=, oder, wie in *de*, abwärts; dann haben wir sie uns in jenem Falle in gewöhnlicher Stellung, in diesem aber auf dem Kopfe stehend zu denken. —

Betrachtet weiter die Figuren 251, 252 und 253! sie stellen sämmtlich

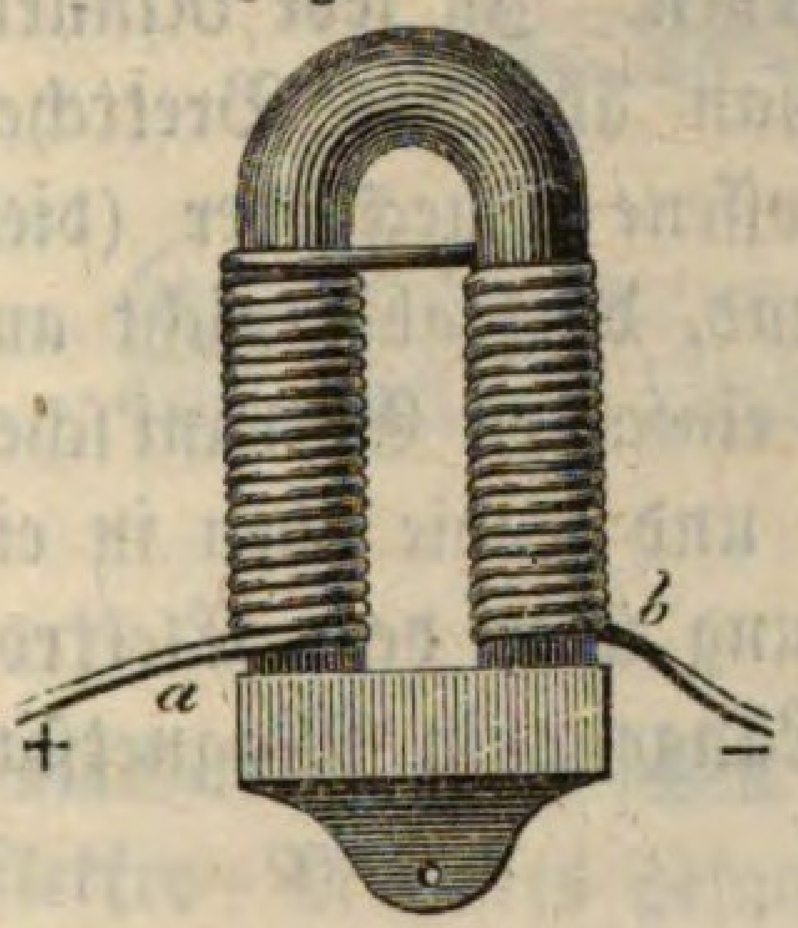
Glasröhren dar, in die man eine Stahlnadel gelegt, und um welche man einen Kupferdrath schraubenförmig gewunden hat. Das Merkwürdige hierbei besteht darin, daß die Stahlnadel in dem Augenblikke, da der elektrische Strom zu circuliren beginnt, magnetisch, und zwar so dauernd magnetisch wird, als es nur möglich ist. »Warum windet man aber den Drath bald rechts (Fig. 276), bald links (Fig. 277), bald rechts und links zugleich (Fig. 278)?« nur um zu zeigen, daß sich der Südpol der Nadel im erstern Falle bei dem Ein-, im zweiten hingegen bei dem Austritte des positiven Stromes bildet; und daß ferner, wenn beide Windungen auf derselben Glasröhre angebracht sind, Folgepunkte entstehen. In sämmtlichen Figuren bezeichnet *a* den Süd- und *b* den Nordpol. »Wie circulirt nun wol in jenen Apparaten, und zwar mit Rücksicht auf diese Angabe, der positive Strom?«

Fig. 276. 277. 278.



Hier seht ihr ein ansehnliches Stück weiches Eisen. Dasselbe ist von möglichst gleichförmigem Gefüge, hufeisen-förmig gekrümmt, an beiden Enden sehr eben gefeilt, mit einem dikken Drathe von Kupfer umwikkelt und durch die beiden Arme bei *a* und *b* (Fig. 279) mit den Polen einer einfachen Kette in Verbindung gesetzt; ich habe ferner nicht verabsäumt, den bezeichneten Drath, auf daß ihn der Strom seiner ganzen Länge nach durchlaufe, nicht also seitwärts von einer Windung zur andern ab- und in das Eisen übergehe, mit Seide zu überspinnen, und, damit sich auch an den beiden Enden ungleichnamige Pole bilden, von dem linken Schenkel des Hufeisens rechts, an dem rechten Schenkel aber links aufzuwikkeln. Den Zweck des Ankers habt ihr schon früher kennen gelernt. Vorausgesetzt, daß der Drath genügend dick, jeder Schenkel des Hufeisens ungefähr 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuß lang und der elektrische Strom von recht bedeutender Stärke ist, können wir nun die Freude haben, an dem Anker des Hufeisens, ohne daß sich beide Theile von einander trennen, 800 bis 1000 Pfund hängen zu sehen. Wie geringfügig erscheint doch gegen einen solchen Elektro-Magnet ein gewöhnlicher Magnet! Da es Elektro-Magnete giebt, die sogar über 2000 Pfund Tragekraft besitzen; so werdet ihr das Bemühen der Mechaniker, diese ausgezeichnete Anziehung zum Betriebe von Maschinen zu benutzen, gewiß nicht belächeln, vielmehr sie sehr beachtenswerth finden.

Fig. 279.



Die Figur 280 (s. f. S.) veranschaulicht einen Apparat, der sehr geeignet ist, zu zeigen, **wie die Elektro-Magnete als bewegende Kraft benutzt werden können.**

In ein Brettchen, *MN*, dessen Grundriß die 281ste Figur (s. f. S.) darstellt, ist eine kreisförmige Rinne, *ab*, gedreht, die durch eine um etwa anderthalb Linien

niedrigere und aus einer gut isolirenden Masse verfertigte Wand in 2 gleiche Abtheilungen geschieden wird. Im Mittelpunkte derselben, also auf dem stehen

Fig. 280.

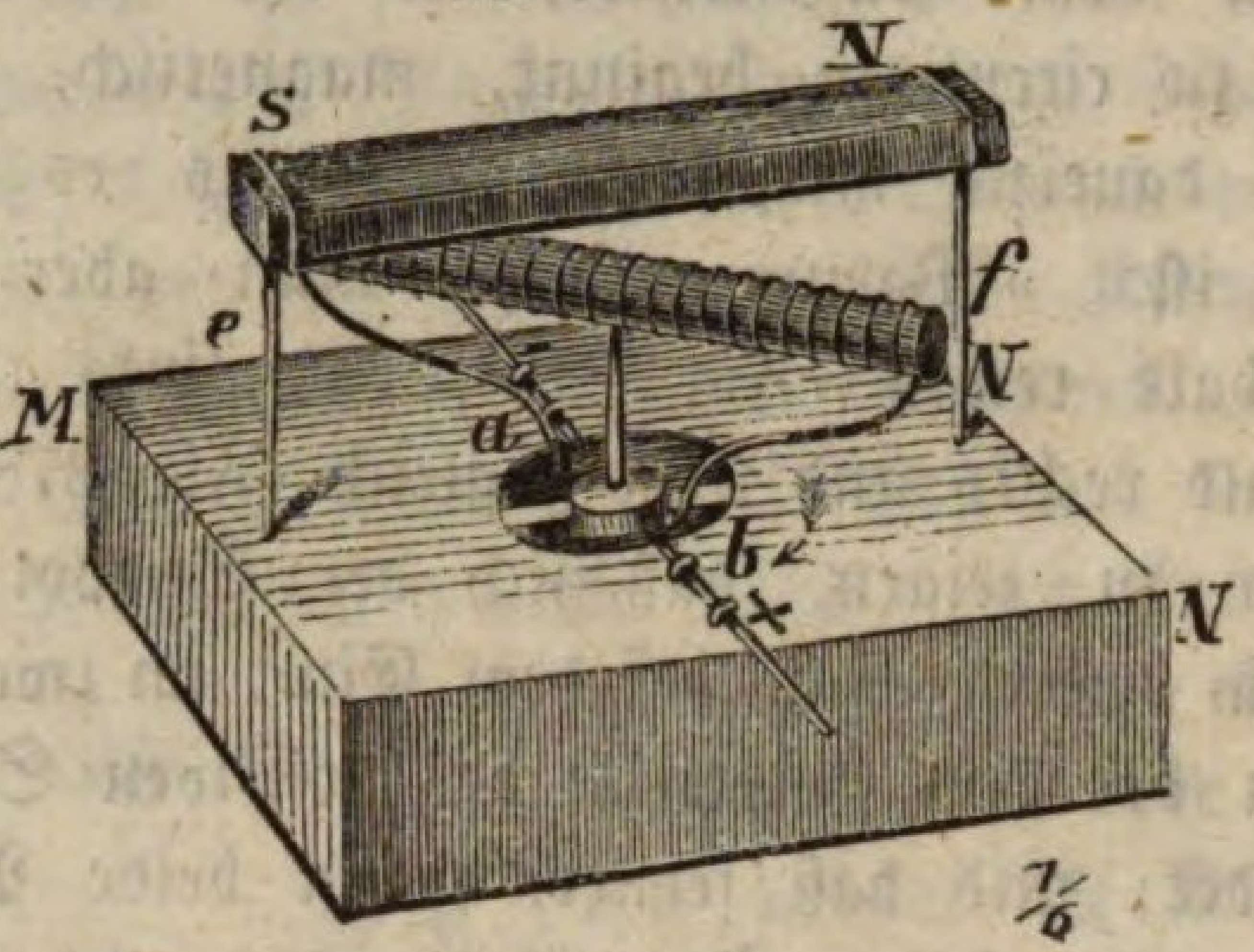
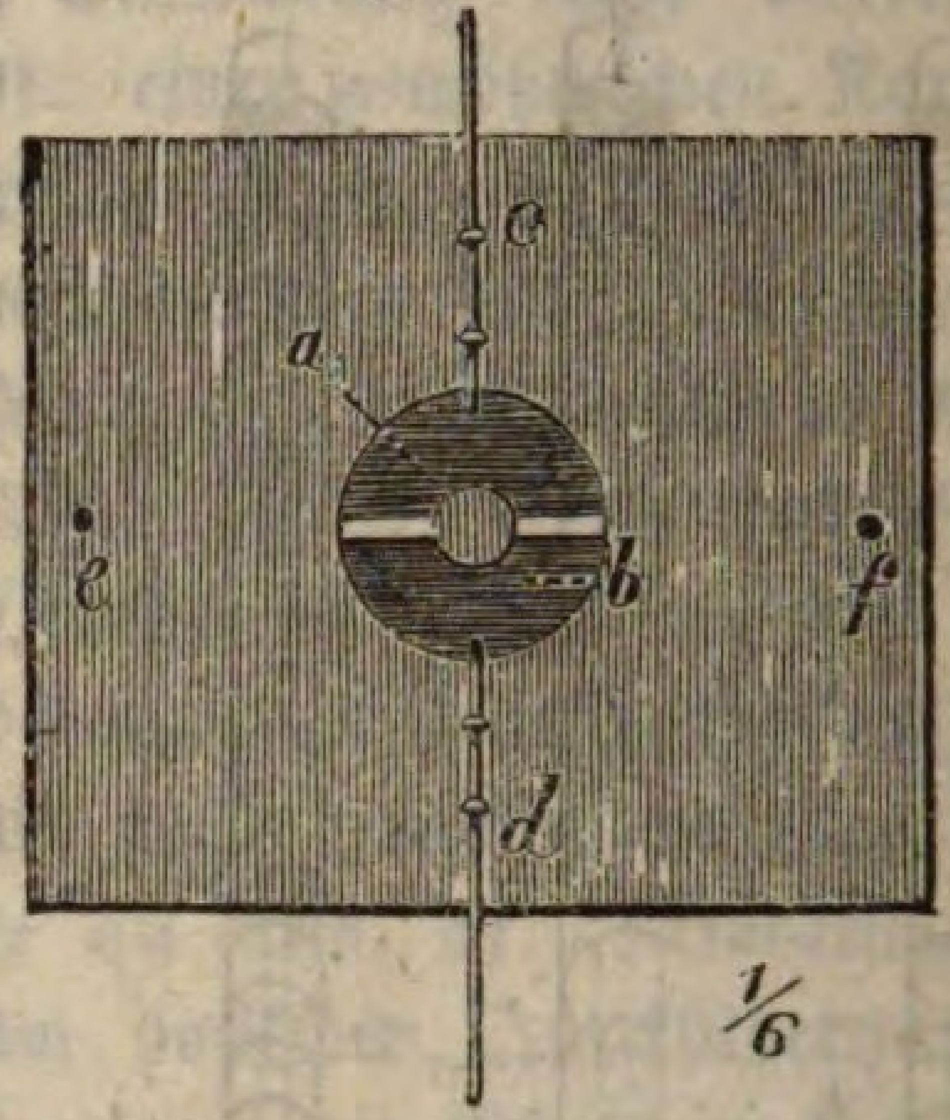


Fig. 281.

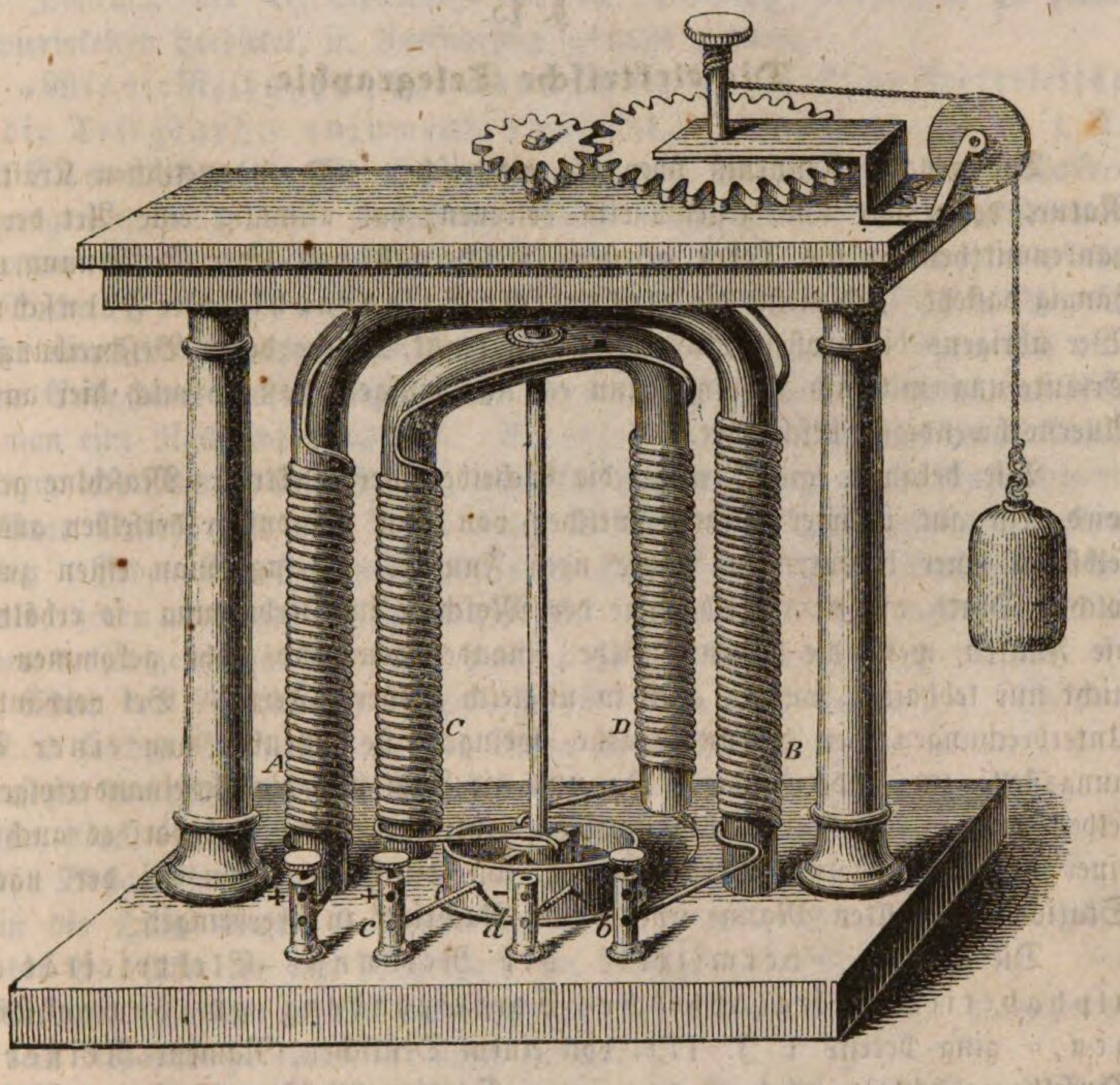


gebliebenen Zapfen, befindet sich eine Spitze von Stahldrath, und auf dieser wieder ein rundes Stück weiches Eisen, das mit übersponnenem Kupferdrathe umwikkelt, und, damit es sich wie eine Magnetnadel frei drehen könne, in seiner Mitte beinahe ganz durchbohrt ist. Beide Drathenden sind zugespitzt, unterhalb nach der Mitte zurück und dann senkrecht abwärts gebogen, ferner so lang, daß sie zwar in die Rinne gelangen, doch aber auch nicht gehindert werden, über deren Scheidewand, ohne sie zu streifen, hinwegzugehen. In jede Rinnenabtheilung reicht weiter ein Kupferdrath, *c* und *d*, die man auf das Brettchen befestigt hat, und welche das in beide Abtheilungen gegossene Quecksilber (diese Flüssigkeit muß zwar höher stehen, als die Scheidewand, darf aber nicht aus einer Abtheilung in die andere überfließen) mit einer einfachen Galvani'schen Kette verbindet. Endlich ist noch auf 2 Dräthen, *e* und *f*, die oben in ein Rechteck umgebogen sind, und zwar in geringer Entfernung über dem Elektro-Magnete und auch mit demselben fast von gleicher Länge, ein Magnetstab aufgesteckt.

Einen ungleich kräftigern Apparat zu demselben Zwekke seht ihr in Figur 282 abgebildet. Nicht gesonnen, mich in eine umständliche Beschreibung desselben einzulassen, bemerke ich hier über ihn nur hauptsächlich viererlei: 1. daß er nur aus 2 Elektro-Magneten besteht, dessen größerer, *AB*, befestigt ist, und dessen kleinerer, *CD*, von jenem umgeben wird und sich um eine vertikale Achse drehen kann; 2. daß letzterer sich stets so stellt, daß sein Nordpol dem Südpole des andern Magnets, oder auch umgekehrt, nahe ist; 3. daß, wenn jener Elektro-Magnet die Pole wechselte, sein Südpol von dem gleichnamigen Pole des unbeweglichen Elektro-Magnets abgestoßen, und er selbst sich so lange drehen würde, bis die ungleichnamigen Pole einander wieder nahe gekommen wären; endlich 4. daß, wenn ein stets erneueter Wechsel der Pole einträte, die drehende Bewegung auch c o n t i n u i r l i c h, d. h. u n u n t e r b r o c h e n fortdauern müßte. Wie sonst, sind *AB* und *CD* auch hier mit übersponnenem Kupferdrathe umwikkelt und die beiden Rinnenabtheilungen nach obiger Vorschrift mit Queck-

silber angefüllt; zwei Kupferdräthe ferner verbinden die Rinnenhälften mit den Messingsäulchen *c* und *d*; bei diesen werden endlich die beiden Poldräthe einer

Fig. 282.



einfachen Galvani'schen Kette angeschraubt. Die Drathenden des beweglichen Elektro-Magnets gelangen bei jeder Umdrehung aus einer Rinnenabtheilung in die andere, nehmen also bald den positiven, bald den negativen Strom auf.

Die größten elektro-magnetischen Maschinen hat bis jetzt Jacobi in Petersburg, der Erfinder der Galvanoplastik, gebaut. Derselbe brachte in dem Umfange einer jeden von 2 Scheiben, nämlich einer feststehenden und einer beweglichen, 8 Elektro-Magnete an, und genoß so die Freude, ein zehnruderiges Schiff mit 8 Mann auf der Newa gegen Strom und Wind in Bewegung zu setzen. Weniger glücklich in seinen Versuchen, als er, war der Mechanikus Wagner zu Frankfurt am Main; es fuhr nämlich die Lokomotive, welche er gleichfalls durch die elektro-magnetische Kraft treiben wollte, nur langsam dahin, und vermochte nicht, auch nur einen Wagen mit fortzuziehen. Sämmtliche Resultate, welche bisher durch die beschriebenen Apparate erzielt worden sind, lassen uns überhaupt nur wenig hoffen, den Elektro-Magnetismus als bewegende Kraft praktisch anwendbar zu machen.

§. 15.

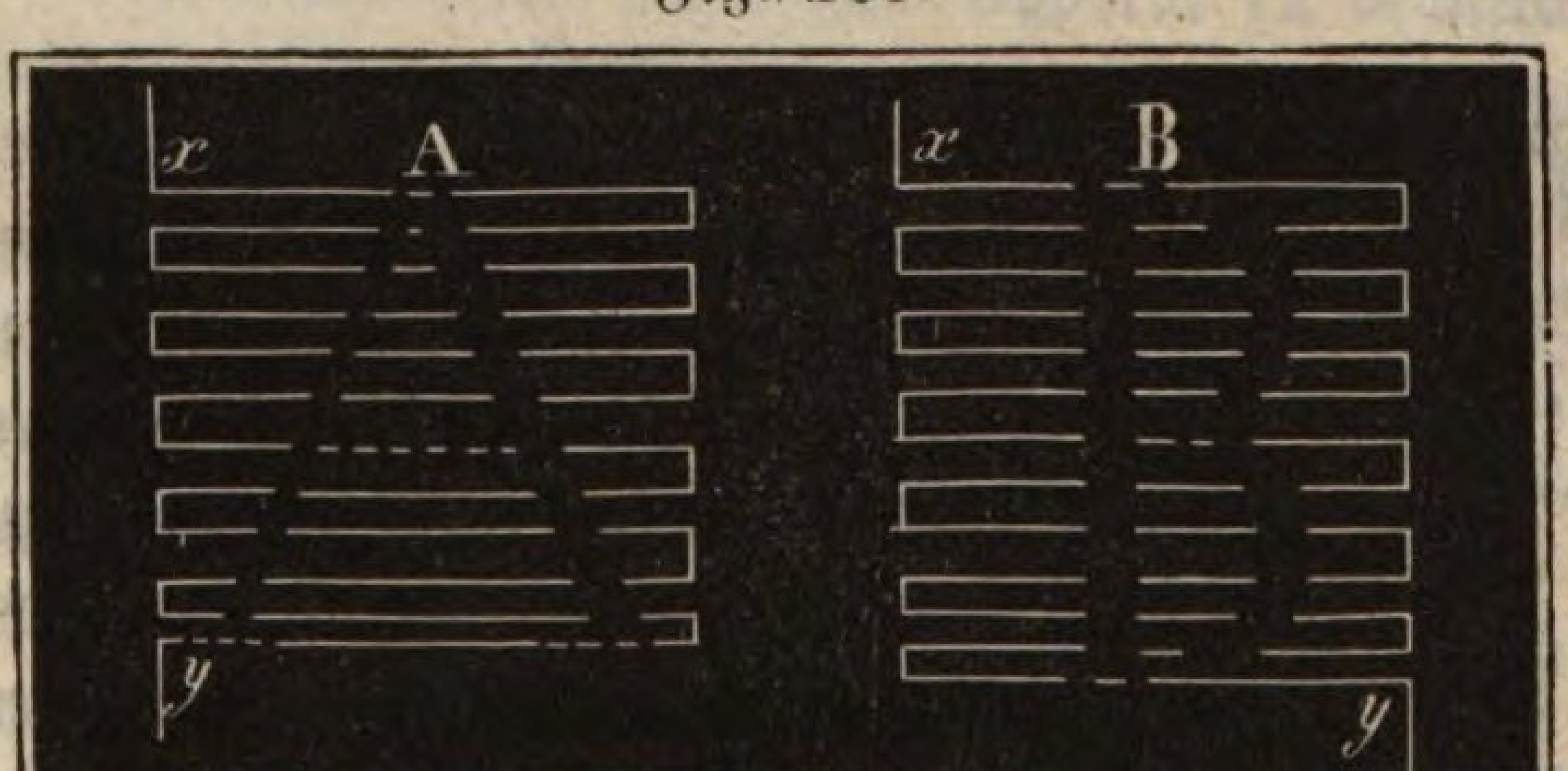
Die elektrische Telegraphie.

Die genaue Kenntniß über die elektrischen und magnetischen Kräfte der Natur, deren wir uns gegenwärtig erfreuen, hat allmälig eine Art der Gedankenmittheilung ins Leben gerufen, welche fast von jeder Entfernung unabhängig dasteht. Ich meine die elektrische Telegraphie oder Fernschrift. Wer übrigens die großen Schwierigkeiten kennt, welche deren Beschreibung und Erläuterung mit sich führen, kann es nur billigen, daß ich mich hier auf das Allernothwendigste beschränke.

Wie bekannt, giebt, wenn die Scheibe einer Elektrisir-Maschine gedreht wird, ein gut isolirter Drath, welcher von dem Konduktor derselben ausgeht, selbst in einer bedeutenden Weite noch Funken. Bringt man einen zweiten solchen Drath mit dem Reibezeuge der Maschine in Verbindung; so erhält man die Funken, wenn die beiden Dräthe einander genügend nahe gekommen sind, nicht nur lebhafter, sondern auch in ungleich größerer Ferne. Bei vorhandenen Unterbrechungen der Leitungsdräthe springen sie offenbar von einer Trennungsstelle zur andern über. Da nun die Zahl und die Aufeinanderfolge derselben ganz so, wie wir es beabsichtigen, eintreten kann; so bedarf es auch blos einer vorhergegangenen Verständigung, um durch sie einem bei der nächsten Station angestellten Manne irgend eine Nachricht zu überbringen.

Die Idee, »vermittels der Reibungs-Elektricität eine alphabetisch-telegraphische Correspondenz zu bewerkstelligen,« ging bereits i. J. 1794 von einem Deutschen, Namens Reißer aus. Derselbe gedachte nämlich an der einen Station 26 Glastäfelchen aufzustellen, von denen jedes einen in einen schmalen Stanniolstreifen ausgeschnittenen Buchstaben enthielte. (Die Figur 283 zeigt euch beispielsweise die Buchstaben *A* und *B*.) Ferner beabsichtigte er, von dem untern Ende eines jeden Stanniolstreifens einen gut isolirten Drath nach der andern Station laufen und dort entweder mit dem Konduktor einer Elektrisir-Maschine, oder mit dem einen Belege einer Verstärkungsflasche zusammenkommen zu lassen. Endlich sollte noch ein Drath, mithin gleichsam der siebenundzwanzigste, nicht nur die obern Staniolenden aller Glastäfelchen, *x*, unter sich, sondern auch mit dem andern Belege der Flasche leitend verbinden. Auf diese Weise hoffte er, mittels der Entladung der Verstärkungsflasche durch den einen oder den andern Stanniolstreifen auf der entfernten Station in den Lükken des unterbrochenen Stanniolstreifens über-

Fig. 283.



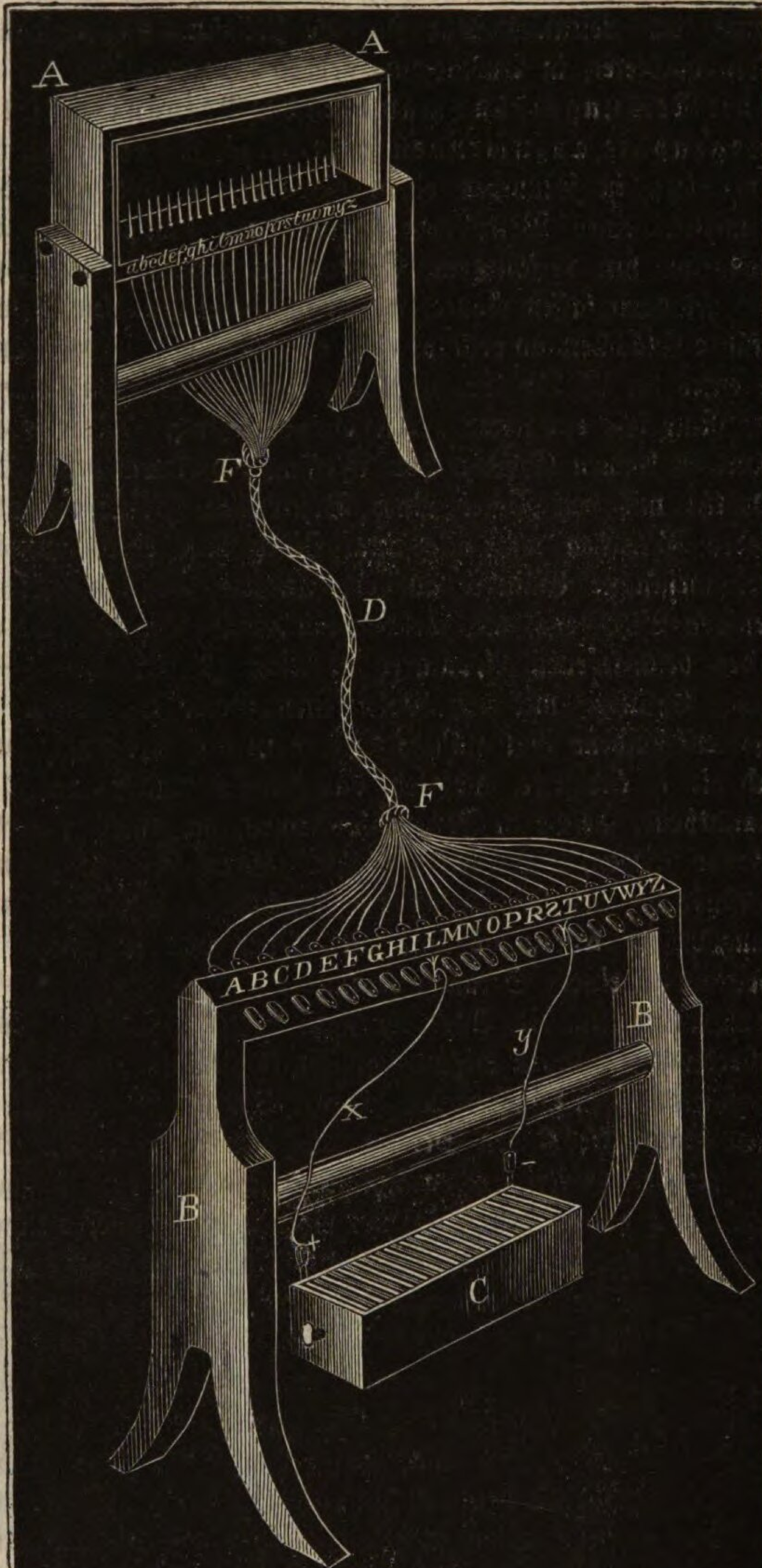
springende Funken zu erzeugen und so den betreffenden Buchstaben in glänzender und leuchtender Gestalt zu signalisiren. Seine Idee ist jedoch eben so wenig, wie später die ihr ähnliche noch so manches Andern, indem die vollkommene Isolirung der Leitungsdräthe für die Reibungs-Elektricität zu große Schwierigkeiten darbietet, in Ausführung gebracht worden.

»Wie die Reibungs-, hat man auch die Galvani'sche Elektricität auf die Telegraphie anzuwenden gesucht.« Es verfertigte z. B. i. J. 1808 Sömmering in München einen Apparat, in welchem er die Wasserzersetzung vermittels einer Volta'schen Säule dazu benutzte, nach irgend einer entfernten Station hin verschiedene Signale zu geben. Dort, wohin er also eine Nachricht gelangen lassen wollte, waren in einem schmalen Gefäße 35 mit Wasser angefüllte Gläschen umgestülpt; in jedes derselben reichte ferner das vergoldete Ende eines der 35 Dräthe, die von derjenigen Station kamen, von welcher man eine Nachricht erwartete. An diesem letztern Orte lief jeder Drath zu einem besondern kleinen Cylinder von Messing hin, durch deren Hülfe irgend ein Paar Dräthe mit den Polen einer Volta'schen Säule verbunden werden konnten. Jedes Gläschen war mit einer Ziffer oder einem Buchstaben bezeichnet; jeder messingne Cylinder auf der andern Station trug ferner das Zeichen desjenigen Gläschens, mit welchem ihn derselbe Drath leitend verband. — Das Spiel des beschriebenen Apparates ist leicht zu übersehen. — Wurden z. B. 2 solcher Cylinder mit den Polen einer Volta'schen Säule verbunden; so zersetzte der entstandene Galvani'sche Strom in den Gläschen, wo hinein die Dräthe, durch die er circulirte, endigten, das Wasser, und es gaben dessen luftförmige Bestandtheile, welche in Form von kleinen, an einander gereihten Blasen in die Höhe stiegen, 2 Zeichen von sich. Stets erschien dabei die Ziffer oder der Buchstabe des den Wasserstoff frei machenden Gläschens zuerst. Die 35 Verbindungsdräthe waren möglichst gut isolirt und in einiger Entfernung von dem Apparate zu einem Strange verbunden.

Sehr anschaulich stellt dies Alles die Figur 284 (s. f. S.) dar. Es bezeichnet: *A A* den Wasserbehälter mit den Signal-Gläsern (die Leitungsdräthe endigen sich in Spitzen und reichen in den Wasserkasten hinab); *BB* den Apparat zur Schließung der Volta'schen Säule *C*; *D* den Strang, aus dem die einzelnen Dräthe kommen, und sich mit den vorspringenden Cylindern, die eine kegelförmige Oeffnung besitzen, verbinden; *x* oder *y* den Schließungsdrath der Säule, welcher zu einem Metallstifte gehört, der in jene Oeffnung des Cylinders gesteckt wird. Wenn nun der Stift des positiven Poles etwa mit dem Cylinder *J* und der des negativen etwa mit dem Cylinder *S* verbunden wird, so findet der galvanische Strom einen geschlossenen Kreislauf. Von *x* kommend, tritt er nämlich in den Leitungsdrath, der *J* zugehörig ist, und aus diesem in das Wassergläschen *i* der andern Station, — nimmt hier seinen Weg durch das Wasser des Behälters und steigt in dem Gläschen *s* wieder in den mit diesem verbundenen Leitungsdrath, — läuft nun nach der ersten Station zurück, tritt in den Cylinder *S* und gelangt endlich durch den Drath *y* zu dem negativen Pole der Batterie. Was ist wol aber von dem Allen das Hauptergebniß? kurz Dies, daß in dem Wasserbehälter *A*, da an dem positiven Pole der Batterie der Sauerstoff an dem negativen derselben der Wasserstoff des zersetzten Wassers sich sammelt, in dem Gläschen *J* der Sauerstoff, in dem Gläschen *S* der Wasserstoff auftritt. Das hierdurch

bewirkte Signal lautet also *SJ*. — Ungeachtet sich nach Sömmering noch

Fig. 284.

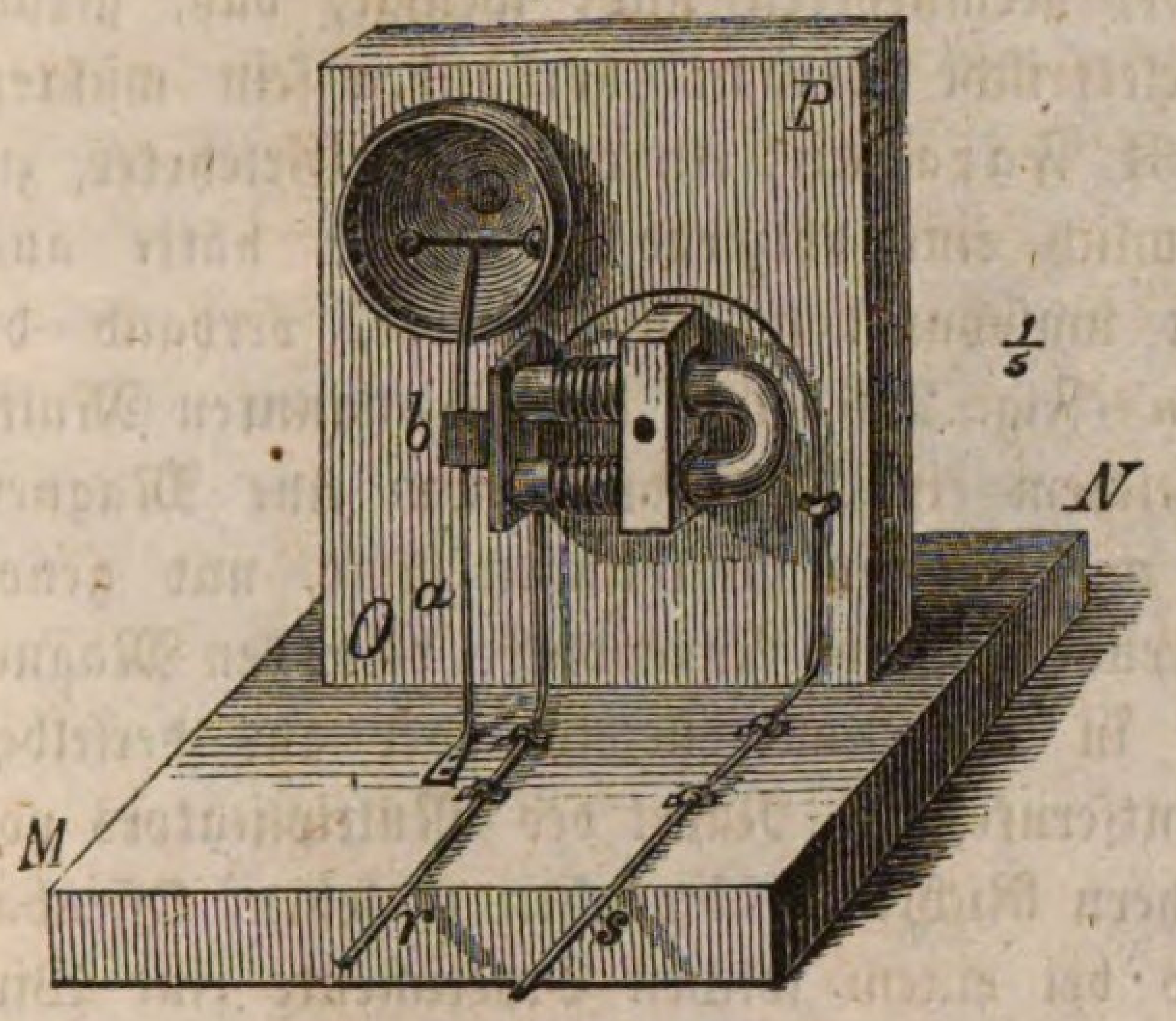


andere Männer um die Aufstellung und Ausbildung der in Rede stehenden Idee verdient gemacht haben, so ist dieselbe später doch fast gänzlich aufgegeben worden.

Ich komme nun zu der Anwendung des Elektro-Magnetismus auf die Telegraphie, und zeige dieselbe an einem Apparate, der wenigstens einiger Maßen geeignet ist, uns von ihr eine ziemlich genügende Vorstellung zu verschaffen.

MN (Fig. 285) bezeichnet ein Brettchen von Holz; *OP* ein anderes, auf jenem errichtetes, aus demselben Stoffe. Letzteres dient dazu, erstens eine kleine Uhrglokke, und zweitens einen kleinen Elektro-Magnet von recht weichem Eisen, der durch ein Queerstückchen von Holz und eine Schraube festgehalten wird, bequem anzubringen. Die Enden desjenigen Drathes, welcher um den Elektro-Magnet läuft, befinden sich auf dem erstern Brettchen, also auf *MN*, und werden hier mit den Drathenden, die von der entfernten Galvani'schen Kette kommen, mittels Klemmschrauben verbunden. Achtet nun besonders auf den federnden Drath *a*! Derselbe ist oberhalb, und zwar in die

Fig. 285.



Glokke hinein, etwas umgebogen, und trägt dort ein mit 2 Knöpfen begabtes Queerstück; in seiner Mitte seht ihr ferner ein Plättchen von weichem Eisen, *b*, befestigt, welches den Polen des Elektro-Magnets gegenübersteht und sich an diese leicht legen kann. Um zu verhüten, daß bei dem Oeffnen der Kette der zurückbleibende Magnetismus das Eisenplättchen am Magnete festhalte, klebt man auf dasselbe einen Streifen Papier. Wenn man nun vermittels der Dräthe, welche an *r* und *s* geschraubt sind, die entfernte Kette wechselsweise öffnet und schließt; so wird auch das Eisenplättchen bald von dem Magnete angezogen, bald wieder kraft des elastischen Drathes von demselben entfernt. Das Hauptereigniß bei dem Allen ist das Anschlagen der Glokke. Mehr bedarf es wol nicht, um zu der Einsicht zu gelangen, daß durch die verschiedene Unterbrechung im Läuten eine Menge verabredeter Signale gegeben werden kann.

Die elektrischen Telegraphen, welche gegenwärtig angewandt werden, vertheilen sich in Nadel-, Buchstaben- und Druck-Telegraphen; jede dieser 3 Arten ist ferner unter sich wieder so verschieden, daß es die Grenzen eines Buches, wie des vorliegenden, weit überschreiten würde, wollte ich mich auf eine Beschreibung und Erläuterung derselben auch nur einiger Maßen einlassen.*)

---

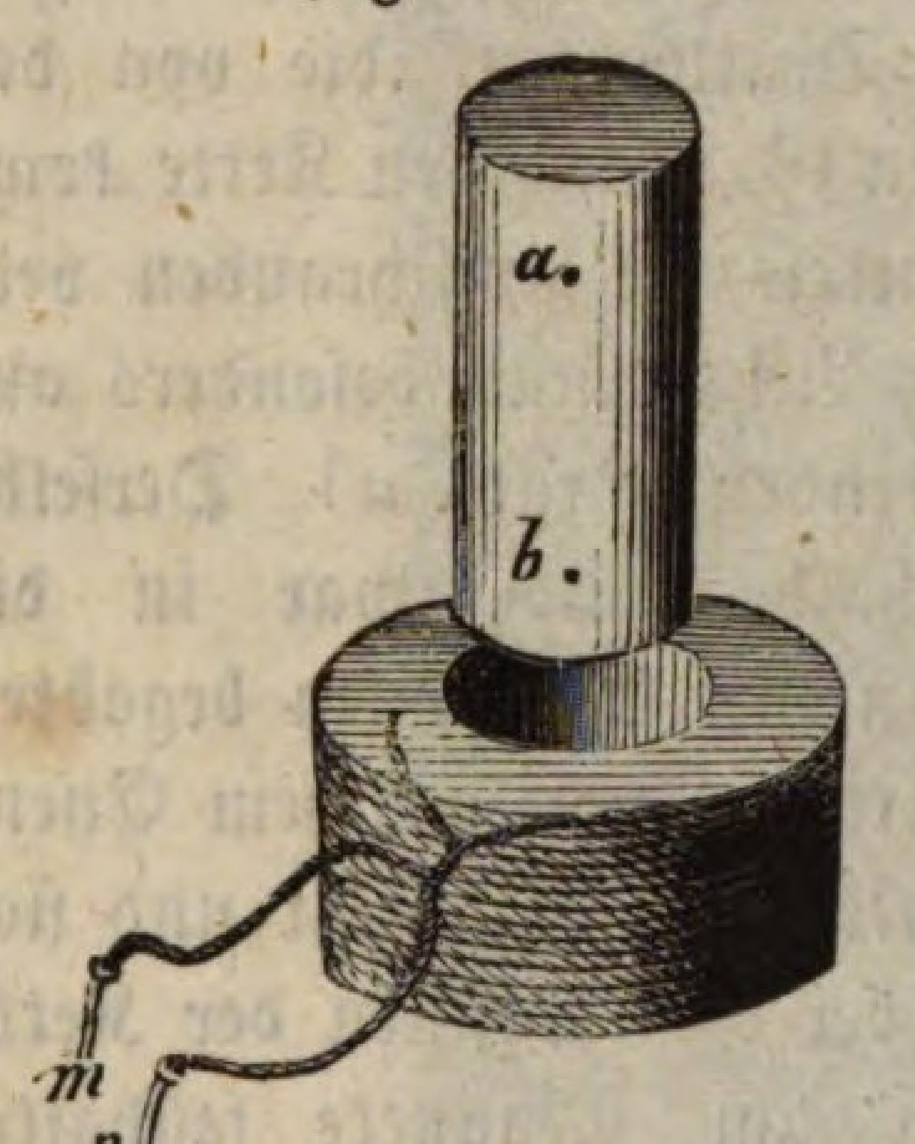
*) Wer den Wunsch, über die elektrische Telegraphie näher unterrichtet zu werden, hegen sollte, dem empfehle ich Dr. Schellen's schönes Buch: »Der elektromagnetische Telegraph in den einzeln Stadien seiner Entwikkelung und in seiner gegenwärtigen Ausbildung und Anwendung, nebst einer Einleitung in die optische und akustische Telegraphie und einem Anhange über die elektrischen Uhren.« Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

§. 16.

Die Magneto-Elektricität.

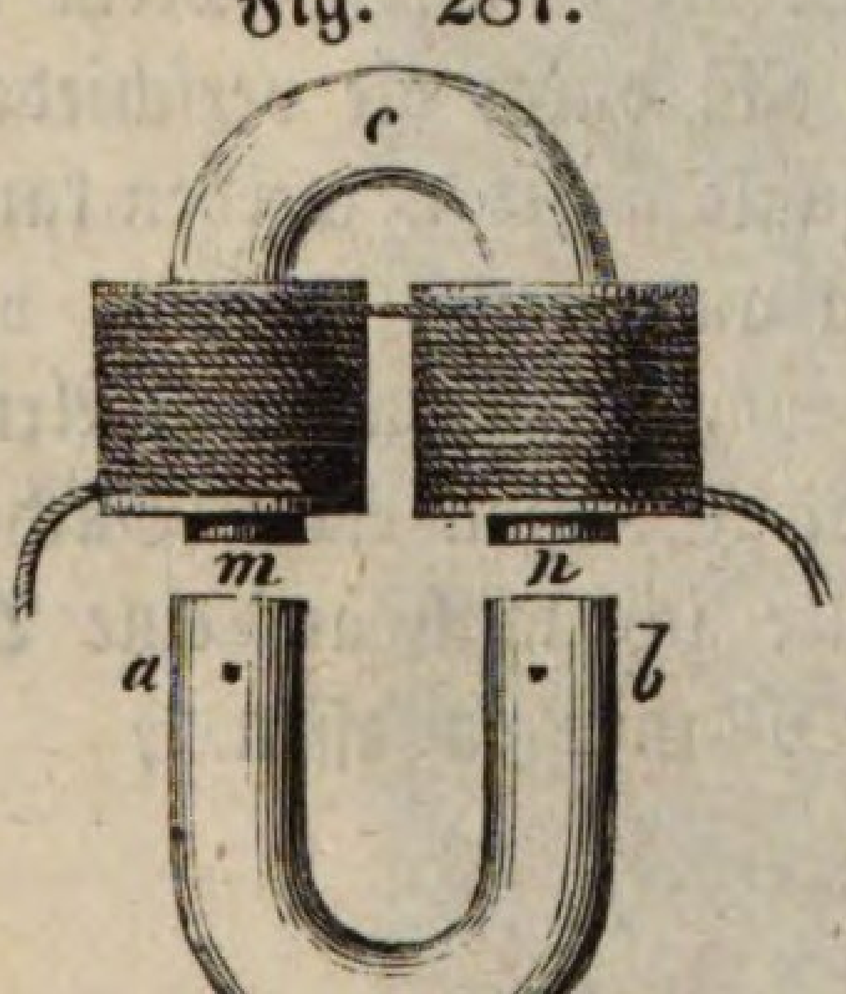
Als die Physiker kennen gelernt hatten, daß jedes von Galvani'schen Strömen umkreiste Eisen magnetisch werde, vermutheten nicht wenige, daß, gerade umgekehrt, auch um einen Magnet elektrische Ströme vorhanden sein müßten. Diese Vermuthung führte i. J. 1831 Faraday, ein englischer Gelehrter, zur Gewißheit. Derselbe umwikkelte nämlich eine hölzerne Rolle (er hätte auch eine metallene nehmen können) mit umsponnenen Kupferdrathe, verband die beiden Enden des letztern, *m* und *n* (Fig. 286) mit dem sogenannten Multiplicator, einem Instrumente, bei welchem ein Kupferdrath um eine Magnetnadel in wiederholten Windungen läuft, und genoß so die Freude, in dem Augenblikke, da er den Magnet entweder in die Rolle steckte, oder aus derselben wieder entfernte, die Nadel des Multiplicators von ihrer frühern Richtung abweichen zu sehen. Offenbar wird also bei einem solchen Experimente eine Wirkung auf die geschlossenen Drathwindungen durch die Annäherung und die Entfernung des Magnets hervorgebracht. Dieselbe kann aber auch anfangen, wenn die magnetischen Flüssigkeiten im Eisen sich trennen, und aufhören, wenn sie sich wieder vereinigen, oder da das Eisen in seinen nichtmagnetischen Zustand zurückkehrt. Dies läßt sich auf folgende Weise zeigen:

Fig. 286.



Es sei *ab* (Fig. 287) ein starker Magnet; *mcn* ferner ein Stück weiches, gleichfalls hufeisen-förmig gebogenes Eisen, dessen Schenkel mit demselben langen, in bekannter Weise übersponnenen Drathe so umwikkelt sind, daß sie, wenn durch ihn ein Strom ginge, ungleichnamige Pole bilden würden. Die beiden Drathenden verbindet man in genügend weiter Entfernung von dem Eisen und dem Magnete, mit einander. Und was ist von dem Allen der Erfolg? 1. wird eine einfache Magnetnadel, über oder unter welcher man den Drath herleitet, von ihrer frühern Richtung abgelenkt; 2. zeigt dieselbe, wenn man den Magnet *ab* den Schenkeln des Eisenkernes *mn* schnell nähert, einen Strom an, der die entgegengesetzte Richtung von dem andern Strome hat, welcher nämlich das weiche, nun zu einem Magnete gewordene Eisen umkreist; endlich 3. besitzt der inducirte Strom, wenn man den Magnet *ab* wieder entfernt, mit dem Strome im weichen Eisen, welcher letztere aber jetzt verschwunden ist, gleiche Richtung. — Hält man die beiden Drathenden etwas von einander ab, so springt sowol bei einer schnellen Annäherung,

Fig. 287.

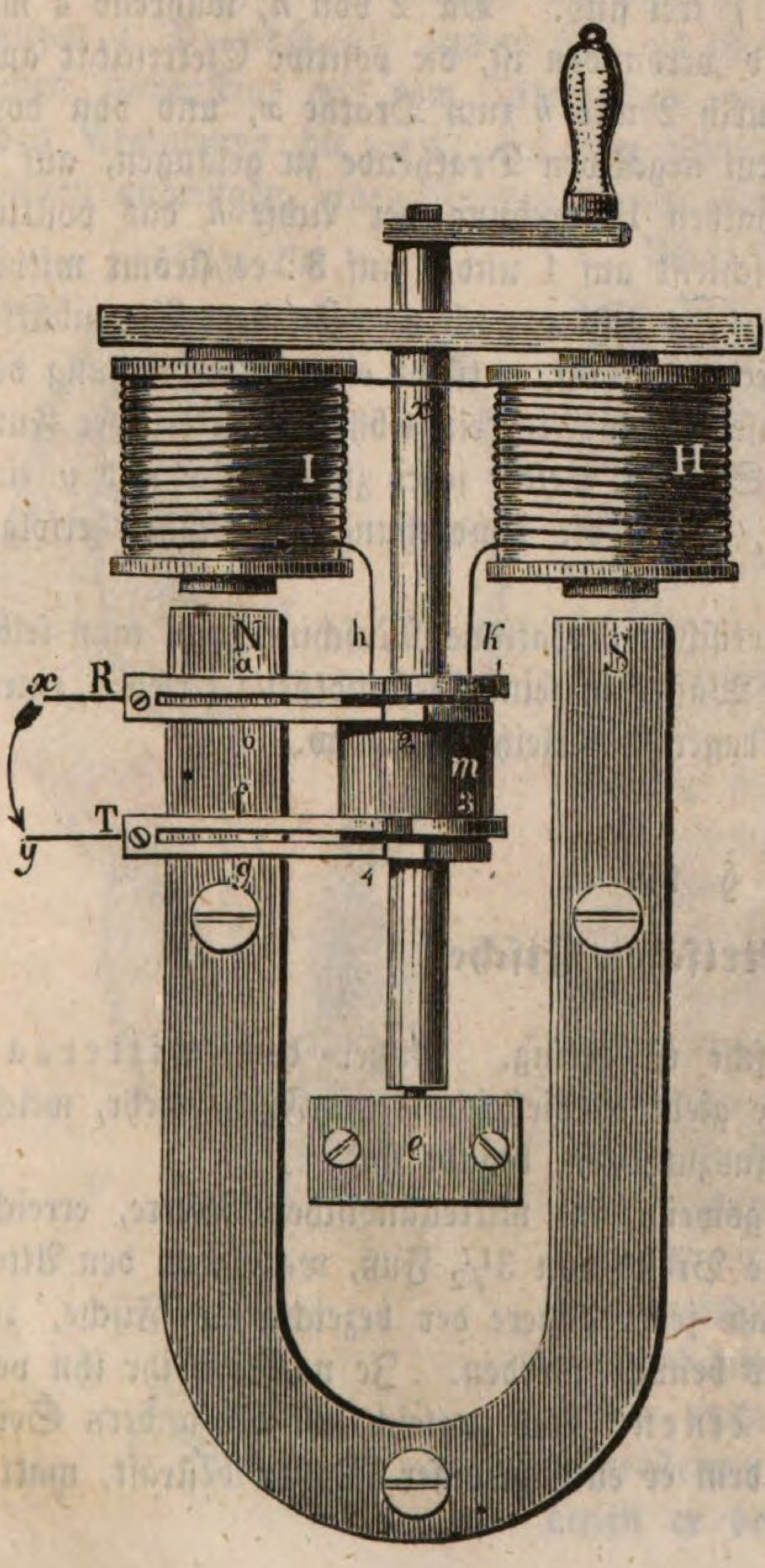


als auch bei einer solchen Entfernung des Magnets ein Funken über; nimmt man ferner jedes Drathende in eine Hand, so spürt man unter denselben Umständen einen Schlag, der zuweilen stark genug ist, um mit dem Schlage einer kleinen Verstärkungsflasche verglichen werden zu können. Beide Erscheinungen sind unstreitig ein vollgültiger Beweis dafür, daß der im Drathe inducirte Strom durch magnetische Strömungen hervorgebracht ist.

Wenn man das hufeisen-förmige Eisen *mcn* mit einer senkrecht stehenden Achse so verbindet, daß seine beiden Enden, wenn es in Bewegung geräth, ganz nahe unter den Polen des Magnets *ab* hingleiten; so müssen bei jeder ganzen Umdrehung in dem Drathe 2 Ströme von entgegengesetzten Richtungen inducirt werden: der eine Strom, wann sich der Schenkel *m* dem Süd- und *n* dem Nordpole, — der andere, während sich, umgekehrt, *m* dem Nord- und *n* dem Südpole des Magnets nähert. Hierauf beruht im Allgemeinen die Einrichtung der magneto-elektrischen Rotations-Maschine. Ueber dieselbe stehe noch kurz Folgendes hier:

In Fig. 288 bezeichnen: *J* und *H* die beiden Inductions-Spiralen; *N* und *S* die Pole eines kräftigen Hufeisen-Magnets; *h* und *k* die Enden des übersponnenen Drathes. Die Eisen-Cylinder, um welche *J* und *H* sich winden, sind an einer Eisenplatte befestigt, und besitzen, weil sie *N* und *S* gegenüber stehen, die entgegengesetzten magnetischen Pole. Die Umdrehung der Achse erfolgt vermittels einer Kurbel. Bei dem Drathe, welcher beispielsweise bei *h* anfangen soll, beachte man, daß derselbe, nachdem er die Spirale *J* gebildet hat, bei *x* auf den andern Eisen-Cylinder übergeht und auch diesen in vielen Windungen umläuft: kurz, er stellt ein langes, ununterbrochenes, in *k* sich endigendes Ganze dar. Aus dem Obigen wissen wir bereits, daß die Pole der beiden Eisen-Cylinder bei jeder halben Umdrehung der Achse wechseln, und deshalb in den Spiralen *J* und *H*, wenn anders *h* und *k* in leitender Verbindung sind, einen elektrischen Strom mit wechselsweise entgegengesetzter Richtung induciren

Fig. 288.



An der Achse sind ferner zwei in Fig. 289 und 290 besonders abgebildete messingene Röhren befestigt und durch ein dünnes Buchsbaumrohr von einander

Fig. 289.

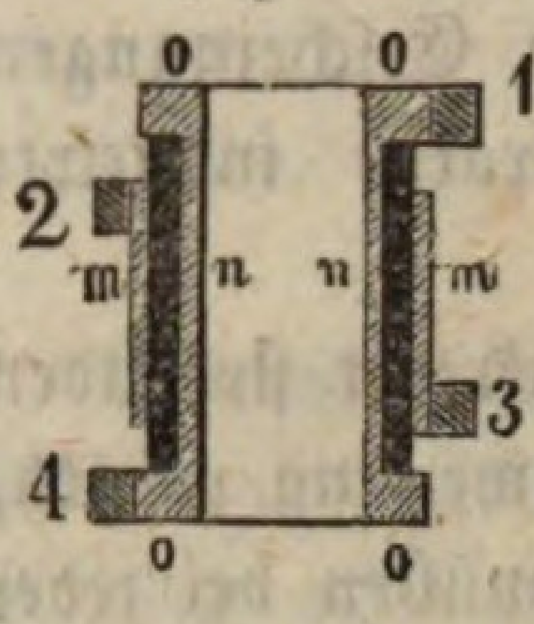
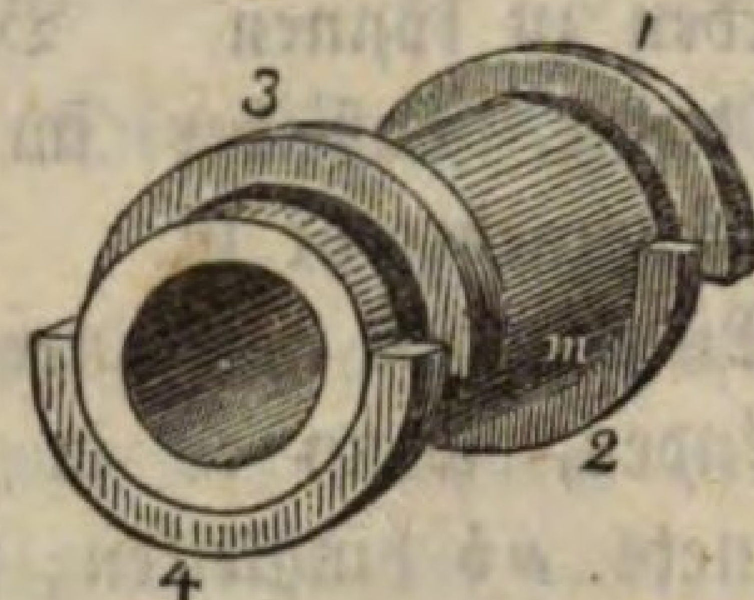


Fig. 290.



getrennt (in der Hauptfigur ist der Durchschnitt des isolirenden Rohres ganz schwarz gemacht). Die Enden des erstern messingnen Rohres, *m*, tragen 2 Stahlkämme, 2 und 3; die Vorsprünge des letztern, *n*, gleichfalls 2 solche Kämme, 1 und 4. Das Drathende *k* führt zu dem Kamme 1, das Drathende *h* aber zu dem Kamme 2. Die vordern, geschlitzten Enden der beiden flachen, dünnen Stahlfedern *R* und *T*, die an das Gestell der Maschine beliebig fest zu schrauben sind, berühren die Stahlkämme von oben leicht. *R* theilt sich in die Gabeln *a* und *b*, *T* in die Gabeln *f* und *g*. Die Dräthe *x* und *y*, welche wir in der Hauptfigur von *R* und *T* befestigt sehen, dienen dazu, den Inductions-Strom durch jeden beliebigen Körper, also auch durch einen Menschen, zu leiten.

Bei der in unserer Figur abgebildeten Stellung berühren *b* und *g* die Kämme 2 und 4, während *a* und *f* frei sind. Da 2 von *h*, während 4 mit dem negativen Drathende *k* leitend verbunden ist, die positive Elektricität aufnimmt; so geht auch diese von *h* durch 2 und *b* zum Drathe *x*, und von dort aus ferner, um über *g* und 4 zu dem negativen Drathende zu gelangen, auf *y* über. Nun aber wird nach einer halben Umdrehung der Achse *k* das positive und *h* das negative Drathende; *a* schleift auf 1 und *f* auf 3: es strömt mithin die positive Elektricität von *k* durch 1, *a* und *x* nach *y*. In dem Augenblicke, da irgend ein Stahlkamm seine Feder verläßt, entsteht eine Unterbrechung des circulirenden Stromes und mit demselben zugleich ein lebhafter elektrischer Funken. Letztere verursachen eben die Schläge, welche jeder zwischen *x* und *y* eingeschaltete Mensch erhält, und die, wenn die Umdrehung sehr schnell erfolgt, unerträglich werden.

Vermittels einer elektro-magnetischen Rotations-Maschine kann man selbst Platinadräthe glühend machen, das Wasser in seine Bestandtheile zersetzen, einem Elektro-Magnete eine bedeutende Tragkraft verleihen u. s. w.

§. 17.

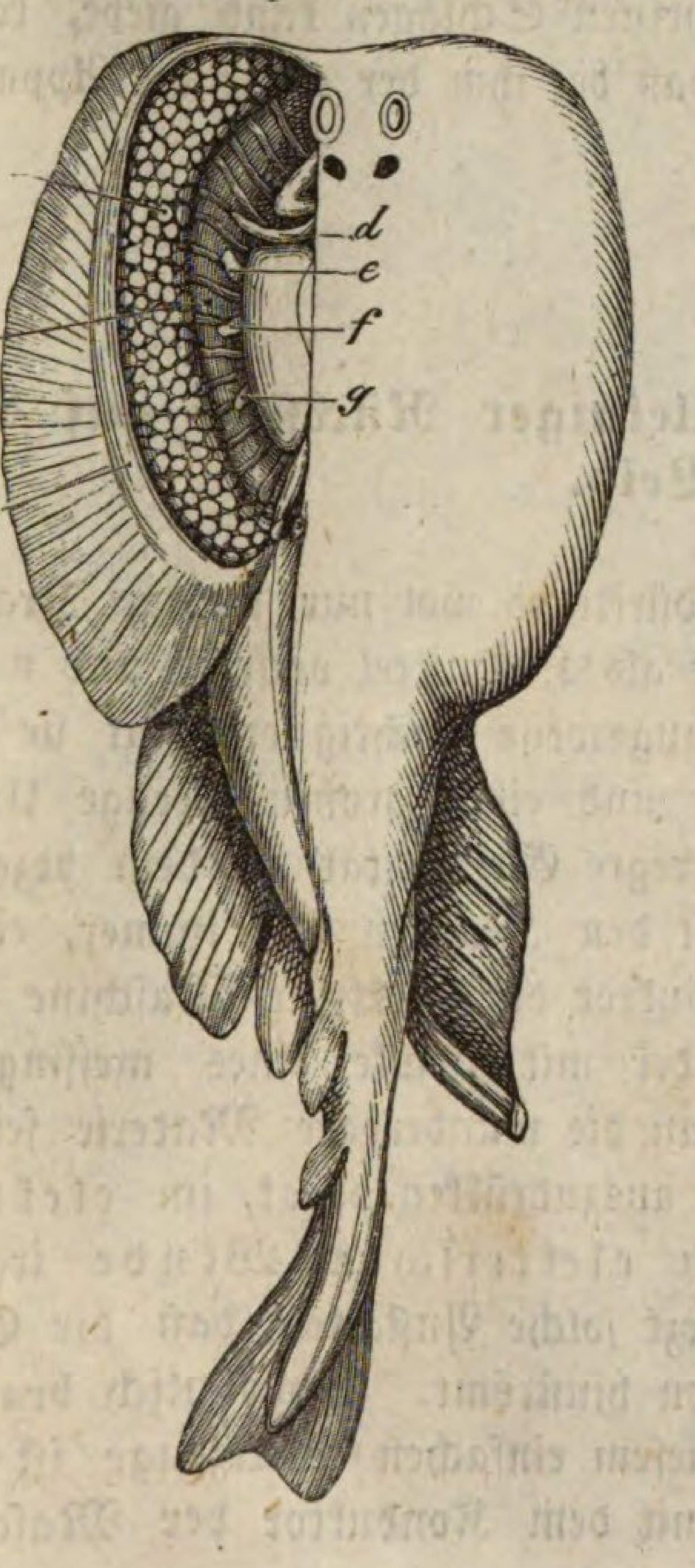
Die elektrischen Fische.

Die Zahl der elektrischen Fische ist gering. Außer dem Zitteraal, Zitterrochen und Zitterwelse giebt es vielleicht keine Fische mehr, welche mit der Kraft, elektrische Schläge auszutheilen, begabt sind.

Der Zitterrochen lebt vorzugsweise im mittelländischen Meere, erreicht höchstens eine Länge von 4 und eine Breite von $3^1/_2$ Fuß, war schon den Alten bekannt, und ist von jeher mehr, als jeder andere der bezeichneten Fische, zur Untersuchung des elektrischen Organs benutzt worden. Je nachdem ihr ihn vermittels eurer Hände nur auf der einen, oder zugleich auf der andern Seite anfaßt, ist auch der Schlag, mit dem er euch gewisser Maßen bestraft, matter

oder stärker. Liegt er auf einer Schüssel von Metall; so habt ihr von ihm so lange nichts zu befürchten, als ihr dieselbe mit der einen Hand allein berührt: ganz verschieden aber steht es dann mit euch, wenn ihr eure zweite Hand, ohne das vorige Verhältniß aufgehoben zu haben, auf seinen Rükken stemmt. In dem letztern Falle bekommt ihr wirklich einen recht empfindlichen Schlag. — Die Stärke des Schlages hängt ferner von der Willkür und der Leidenschaft des Gebers ab. Die ersten Schläge z. B., welche der Zitteraal, ein 5 bis 6 Fuß langer Fisch in den Landsee-en des südlichen Amerika's, austheilt, sind fast schwach zu nennen; die nun folgenden fühlt man schon mehr, und sie nehmen auch an Stärke in dem Grade zu, als der Fisch sich sträubt und entrüstet; Schläge solcher Art endlich, vermittels deren er sich in völliger Wuth vertheidigt, sind fürchterlich, betäuben andere Fische fast augenblicklich und werfen Pferde, Maulthiere, ja selbst den kräftigsten Menschen zu Boden. An Beispielen, daß Zitteraale Arme und Beine gelähmt haben, fehlt es nicht. Anstatt noch anderer Versuche und Erscheinungen zu gedenken, bemerke ich sofort, daß die Gelehrten zwischen der eigentlichen Elektricität, und derjenigen Kraft, welche den oben genannten Fischen einwohnt, große Aehnlichkeiten entdeckt haben: Wasser, Metalle, überhaupt alle Leiter der Elektricität, pflanzen z. B. auch die letztere fort; es ist ferner möglich, aus den elektrischen Fischen, wenigstens aus dem Zitterrochen, wenn wir nur anders von zwei metallischen Armaturen die eine auf dem Rükken die andere aber auf dem Bauche derselben anbringen, einen Funken hervorzulokken u. s. w.

Fig. 291.



Das Organ, durch welches jene wunderbare Kraft bedingt wird, stimmt bei allen elektrischen Fischen, so verschieden es sonst mit Rücksicht auf seine Größe, Gestalt und Anordnung vorkommen möge, in den wesentlichsten Stükken überein; es genügt daher, mit dem Organe eines dieser Thiere bekannt zu sein.

Betrachtet zuvörderst die 291ste Figur! sie stellt den Zitterrochen dar. Derselbe ist von der einen Seite geöffnet, überhaupt in einer solchen Weise abgebildet, daß ihr sein elektrisches Organ deutlich vor euch habt. Letzteres erstreckt sich bis an den Vorderrand des Kopfes, stößt in seiner obern Fläche an die Rükken-, in seiner untern an die Bauchhaut, und bekommt hauptsächlich dadurch eine feste Lage, daß seine äußere Fläche an dem Knorpel der Seitenflosse, seine innere aber an der Muskulatur des Kopfes und des angrenzenden Rumpfes ruht. Vier starke Nervenbündel: *d*, *e*, *f* und *g*, verlaufen sich in den wahrhaft wunderbaren Apparat. Die mindestens 8 bis 9 Hundert Theile, aus denen er besteht, erscheinen, von oben oder

unten betrachtet, als senkrechte, meist prismatische, selten rundliche Zellen, kurz ungefähr als solche, wie ihr sie in Figur 292 dargestellt findet; dem seitwärts gerichteten Blicke hingegen kommen sie wie dicht neben einander liegende, gleichlaufende Striche vor (Fig. 293). Jeder Raum, den diese eigenthümlichen Fläschen, welche wieder vermittels wagerechter Queerhäute in kleinere Zellen geschieden sind, zwischen sich lassen, ist mit feinen Blutgefäßen durchzogen und mit einem gallertartigen Schleime angefüllt. Welche Aehnlichkeit zwischen dem ganzen Organ und der mit einer elektrischen Batterie verbundenen Volta'schen Säule! Die etwas dichtere, sehnichte Haut, welche die Randbegrenzung jeder Zelle ausmacht, entspricht mehr oder weniger denjenigen Glasstäben, zwischen denen ich einst meine Galvani'sche Säule aufgebaut habe. —

Fig. 292.

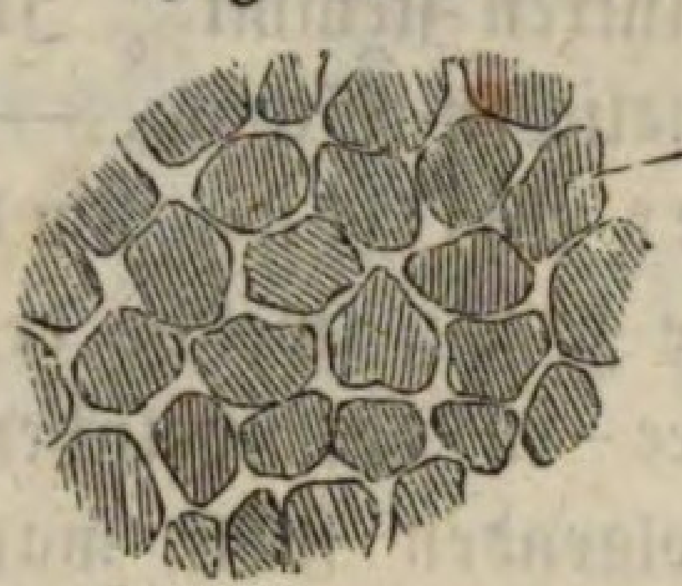


Fig. 293.



Der Apparat, vermittels dessen der Zitteraal seine Schläge austheilt, liegt seitwärts und unterhalb des sehr langen Schwanzes, besteht aus vier Längsbündeln, die aus vielen horizontalen, durch senkrechte Wände gesonderten häutigen Platten zusammengesetzt und gleichfalls mit einer gallertartigen Masse angefüllt sind. Zahlreiche Nerven, welche sich bis zu jenen Bündeln hinziehen, laden und verstärken wahrscheinlich diese sonderbare Galvani'sche Batterie. Bei dem Zitterrochen nimmt der positive Strom seine Richtung vom Rükken zum Bauche, bei dem Zitteraale aber vom Kopfe zum Schwanze hin. Die außerordentliche Stärke, welche der Zitteraal in seinen Schlägen kund giebt, kann allein dem Umstande zugeschrieben werden, daß bei ihm der elektrische Apparat eine so bedeutende Ausdehnung gewonnen hat.

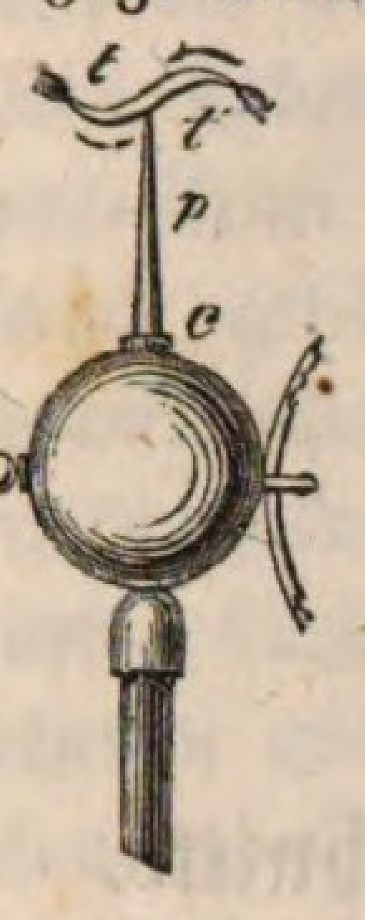
§. 18.

Der Nutzen der Elektricität mit alleiniger Rücksicht auf den menschlichen Leib.

Die verschiedenen Fieber ausgenommen, dürfte es wol nur wenige Krankheiten geben, bei denen die Elektricität nicht als Heilmittel versucht und meist auch wirksam gefunden worden wäre. Vorzugsweise wichtig erscheint sie bei Rheumatismen, Lähmungen, Entzündungen und einer großen Menge Uebel ähnlicher Art. Gesonnen, die durch Reiben erregte Elektricität zu dem bezeichneten Zwekke anzuwenden, beauftragt der Arzt den Kranken fast immer, einen Isolirschemel zu besteigen, und dann den Konduktor der Elektrisir-Maschine entweder unmittelbar mit der e i n e n Hand, oder mit Hülfe eines messingnen Stabes zu berühren. Offenbar durchdringt nun die wunderbare Materie seinen Leib; er selbst aber befindet sich, wie man sich auszudrükken pflegt, im e l e k t r i s c h e n B a d e. Um ferner dem sogenannten e l e k t r i s c h e n W i n d e irgend einen leidenden Theil auszusetzen, trifft der Arzt solche Anstalten, daß die Elektricität vermittels feiner Spitzen zu demselben hinströmt. Gewöhnlich braucht er dabei das e l e k t r i s c h e F l u g r a d. Bei diesem einfachen Werkzeuge ist auf einer leitenden Spitze *cp* (Fig. 294), welche mit dem Konduktor der Maschine

in Verbindung steht, ein zugespitztes, an beiden Enden nach entgegengesetzten Richtungen umgebogenes Metallstäbchen, *tt'*, so aufgesetzt, daß es sich im Gleichgewichte befindet und überaus leicht gedreht werden kann. Sobald die Maschine in Thätigkeit kommt, fängt es auch seine Kreise in einer horizontalen Ebene zu beschreiben an, und zeigt uns nebenbei, stellen wir anders den Versuch im Dunkeln an, schöne Lichtbüschel, die aus den beiden Spitzen hervorströmen. Keine hierher gehörige Anwendungsart erfordert übrigens mehr Sorgfalt und Behutsamkeit, als diejenige, bei welcher der Arzt die kranken Glieder in den Erschütterungskreis einer elektrischen Verstärkungsflasche bringt.

Fig. 294.



Wohl wissend, wie sehr die Galvani'sche Elektricität die Nerven und Muskeln reizt, haben die Aerzte es auch vielfach versucht, sie zur Wiederbelebung Ertrunkener, Erstickter, vom Blitze Erschlagener und anderer Unglücklichen anzuwenden, und ihre Mühe ist nicht selten mit dem schönsten Erfolge gekrönt worden. Solltet auch ihr einst ein solches Experiment machen wollen; dann setzet nur die Leiter des Galvanismus an die Stirn, die Augen, Lippen, an das Herzgrübchen, innere Ohr, überhaupt an solche Stellen, wo die meisten Nerven versammelt sind! Auf diesem Wege kehrt nämlich in den Scheintodten noch am ersten das Gefühl und der Umlauf des Blutes zurück. So lange, als der elektrische Strom in irgend einem Menschen noch Zuckungen erregt, ist auch nicht alle Kraft des Lebens erloschen; erst dann dürfen wir annehmen, er sei völlig todt, wenn seine Theile für den Galvanismus nicht mehr im geringsten empfänglich sind.

Noch mehr, als von der Reibungs- und der Galvani'schen Elektricität, wird in der neuesten Zeit zu dem in Rede stehenden Zwecke von der magnetischen Elektricität Gebrauch gemacht. Die sogenannten Rotations-Apparate sind fast in jedes Arztes Händen. Indeß hier auch über diese Anwendung selbst nur das Wichtigste anzugeben, dürfte einerseits die Grenzen des vorliegenden Buches überschreiten, und andererseits auch deshalb nicht anzuempfehlen sein, da die neue Heil-Methode der verschiedensten Krankheiten gleichsam noch ein Kind in der Wiege ist und wir ferner von ihr in den nächsten Jahren gar Manches, ja vielleicht sehr viel, zu erwarten haben.

Anhang.

Fragen und Aufforderungen über sämmtliche Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Die allgemeinen Eigenschaften der Körper.

Was sind Körper? Wie leitete ich euch auf die allein richtigen Antworten dieser Frage hin? Vor welcher irrigen Erklärung habt ihr euch zu hüten? Was sind allgemeine, was besondere Eigenschaften der Körper? Auf welche Weise machte ich euch Dies klar? Gebet an, was in den Worten liegt: „ein Körper ist ausgedehnt!“ Nennet natürliche Dinge, und zwar sowol von ungemein großer, als auch von äußerst geringer Ausdehnung! Welche Werke der Menschen durfte ich bei dieser Gelegenheit nicht übergehen? Erkläret mir die französischen Maße: „Meter, Decimeter, Centimeter, Millimeter!“ Gebet Gegenstände an, deren Poren mit unbewaffneten Augen gesehen werden können! ferner andere, bei denen Dies nicht möglich ist! Welcher einfache, leicht anzustellende Versuch belehrte euch über die Porosität tropfbarflüssiger Körper? Beschreibet einige Erscheinungen, welche sich aus dieser zweiten allgemeinen Eigenschaft der Körper erklären lassen! Worauf beruhen die Unterschiede zwischen lokker und dicht, durchsichtig und undurchsichtig? Was wißt ihr über das wahre und das scheinbare Volumen der Körper zu sagen? Nennet die dritte allgemeine Eigenschaft! Beschreibet die einfachen Experimente, vermittels deren ich euch auf sie hingeführt habe! Was heißt Das: „ein Körper ist undurchdringlich?“ Welche scheinbaren Ausnahmen lerntet ihr mit Rücksicht auf diese Eigenschaft kennen? Gebet Erscheinungen an, deren Ursache allein in der Undurchdringlichkeit der Körper zu suchen ist, und erkläret sie zugleich! Auf welche Weise gelangtet ihr zu der Wahrheit: „auch die Theilbarkeit ist eine allgemeine Eigenschaft der Körper?“ Erzählet noch ein Mal, was ich euch über die Feinheit gewisser Körpertheilchen, z. B. des Goldes, Moschus, Diamants, der Blutkügelchen, polirten Stahlflächen, färbenden Stoffe, gewisser Gaben der homöopathischen Arzneikunst u. s. w. mitgetheilt habe! Wie beantworteten wir uns die Frage: „geht die Theilbarkeit vielleicht bis ins Unendliche fort?“ Was bezeichnen die Wörter: Atome und Moleküle? In wievielfacher Hinsicht offenbart sich uns die Anziehung der Körper? Unterscheidet so genau, wie möglich, den Zusammenhang, den Anhang, die chemische Anziehung und die Gravitation

von einander! Welche Experimente machten euch mit dem Zusammenhange sowol fester, als auch tropfbarflüssiger Körper bekannt? Was verstehen wir unter der absoluten, was unter der relativen Festigkeit der Körper? Auf welche Weise haben Muschenbroek und andere Gelehrte dargethan, daß die Cohäsions-Kraft bei den verschiedenen Körpern verschieden ist? Beschreibet einige hierher gehörige Experimente! Nennet ferner Erscheinungen, die sich auf den Zusammenhang der Körper beziehen, und füget, falls es angeht, die nöthigen Erklärungen hinzu! Welches ist der vornehmste Unterschied zwischen festen und tropfbarflüssigen, zwischen diesen und elastischflüssigen Körpern? ferner zwischen Dünsten und Gasen? Welche höchst einfachen Versuche belehrten euch über die besondern Eigenschaften: »hart und weich; biegsam und spröde; elastisch und unelastisch?« Erkläret alle diese Begriffe! Welche merkwürdigen Erscheinungen bieten uns die sogenannten Glastropfen und bologneser Fläschchen dar? Wie stand es mit der Einrichtung der Katapulten und Ballisten? Welche meiner Experimente machten euch mit dem Anhange oder der Adhäsion bekannt? Zeiget, daß die Adhäsion tropfbarflüssiger Körper an der Oberfläche fester nicht selten ungleich ist! Was versteht ihr unter der Capillarität? Wovon sind die Grade dieser Anziehung abhängig? Wodurch wird ferner die Adhäsion fester Körper bedeutend verstärkt? Beweiset Dies durch einige recht auffallende Beispiele! Gebet eine Menge Erscheinungen an, die allein in dem verschiedenen Anhange der Körper begründet sind! Welche meiner Experimente leiteten euch zur chemischen Anziehung, welche andere zur Affinität oder eigentlichen Wahlverwandtschaft hin? Erkläret die Wörter: chemische Anziehung, Auflösungsmittel, Sättigung, Verwandtschaft, Wahlverwandtschaft, einfache und doppelte Wahlverwandtschaft, Niederschlag u. s. w.! Welches Experiment lehrte euch kennen, daß es auch solche Körper giebt, die gar keine Verwandtschaft zu einander haben? Was versteht ihr unter Aneignung oder aneignender Verwandtschaft? Gebet an, was ihr über die Mischung fester Körper gehört habt! Was stellt ihr euch unter der Kristallisation vor? Wozu benutzen die Chemiker die mannigfachen Verwandtschaftsverhältnisse der Körper? Welche Stoffe belegen sie mit dem Namen Grundstoffe oder Elemente? Was sind Metalle, was Metalloide? Nennet einige nichtmetallische Grundstoffe und füget auch sofort über sie das Wichtigste bei! Wodurch offenbaren die Körper ihre Schwere? Als wasfür eine Wirkung steht auch diese Erscheinung da? Aus welchem hohen Gesichtspunkte hat uns der tiefe Denker Newton die Schwere kennen gelehrt? Was bestimmt das Gewicht der Körper? Wie verhält es sich mit den beiden französischen Gewichten Gramm und Kilogramm? Wie lautet das Gesetz über die Trägheit oder das Beharrungsvermögen der Körper? Welche Erscheinungen finden in demselben ihren Grund? Was haben euch die Versuche mit den Steinen des Damenspiels und dem Stück Gelde auf einem Kartenblatte gelehrt? Nennet nun eine Menge Erscheinungen, zu denen uns jene Experimente den Schlüssel darbieten! Gebet schließlich an, was ich euch vorläufig über die Ausdehnbarkeit und die Compressibilität der Körper mitgetheilt habe! —

Zweiter Abschnitt.

Die Bewegung und das Gleichgewicht fester Körper.

Von wasfür Körpern sagen wir, daß sie ruhen? von wasfür andern, daß sie sich bewegen? Wann heißt die Ruhe und Bewegung scheinbar oder relativ? wann wirklich oder absolut? Zeiget an einigen Beispielen, daß es nicht immer leicht ist, zu entscheiden, ob gewisse Dinge ruhen, oder sich bewegen! Erkläret die Wörter: »Weg, Zeit und Geschwindigkeit!« Unterscheidet die gleichförmige von der ungleichförmigen, die beschleunigte von der verzögerten, die stetig beschleunigte von der ungleichförmig beschleunigten oder verzögerten Bewegung! Sprechet die 3 Sätze noch ein Mal aus, welche die Verhältnisse zwischen der Geschwindigkeit einer- und dem Raume und der Zeit andererseits ausdrükken! Wie finden wir den Weg eines gleichförmig bewegten Körpers? Wie lauten die beiden Sätze, welche sich auf die Verbindung zweier Bewegungen beziehen? Was habe ich euch über die Diagonale eines Parallelogrammes Wichtiges mitgetheilt? Durch welche Versuche leitete ich euch auf die stetig beschleunigte Bewegung? Weiset nach, wie die Atwood'sche Fallmaschine dazu dient, uns mit den Gesetzen des freien Falles bekannt zu machen! Gebet ferner an, wie ich euch zu denselben noch auf eine andere Weise geführt habe! Sprechet endlich diese Sätze aus! Was wißt ihr über die Bewegung vertikal aufwärts geworfener Körper zu sagen? Warum passen alle eure Angaben nur für solche Körper, die weder zu bedeutend steigen, noch fallen? Erörtert an zwei Zeichnungen, wie es mit den Wurfbewegungen steht! Was sagte ich euch bei dieser Gelegenheit über die Richtung der Schießgewehre? Erkläret die Begriffe: »Centripetal-Kraft, Tangential-Kraft, Central-Bewegungen und Flieh- oder Centrifugal-Kraft!« An welchen Zeichnungen machte ich euch mit den überaus wichtigen Central-Bewegungen bekannt? Was wißt ihr sonst noch über sie mitzutheilen? Worin liegt der Unterschied zwischen einfachen oder mathematischen und zusammengesetzten oder physischen Pendeln? Welche Kräfte sind bei den Schwingungen dieser Instrumente in Thätigkeit? Sprechet die Gesetze aus, welche ihr über die Zeiten und die Geschwindigkeiten der Pendelbewegungen kennen gelernt habt! Welche Einrichtung hat das sogenannte Rostpendel? Worüber ertheilen uns die Pendel den befriedigendsten Aufschluß? Wovon hängen die Erscheinungen des Stoßes ab? Wann ist der Stoß central, oder excentrisch? wann gerade, oder schief? Beschreibet die Schlag- oder Percussions-Geräthschaften! Wie lauten die 3 Gesetze über den geraden Stoß unelastischer Körper? Auf welche Weise leitete ich euch zu diesen Gesetzen hin? Beschreibet die interessanten Versuche, welche ich vermittels meiner Schlaggeräthschaft und einiger elfenbeinernen Kugeln angestellt habe! Wie erklärte ich euch die Erscheinungen, die durch sie hervorgerufen werden! Gebet Alles an, dessen ihr euch über den schiefen Stoß erinnert! Welche Experimente zeigten euch, wie es mit dem Schwerpunkte der Körper steht? Sprechet die 7 Sätze noch ein Mal aus, in welche ich das Wichtigste über den Schwerpunkt zusammengefaßt habe! Nennet eine Menge Erscheinungen, welche allein auf der jedesmaligen

Lage des Schwerpunktes beruhen! Wann ist der Stand irgend eines Körpers um so fester und sicherer? Was ist ein Hebel? Unterscheidet die verschiedenartigen Hebel! Was versteht ihr unter Kraft und Last? ferner unter der Entfernung und dem Moment der Kräfte? Unter welcher Bedingung sind die Hebel im Gleichgewicht? Beweiset Dies vermittels zweckdienlicher Figuren: 1. am gleicharmigen, 2. am ungleicharmigen und 3. am einarmigen mathematischen Hebel! Wie that ich dar, daß das genannte Gesetz auch bei dem Winkelhebel stattfindet? wie endlich, wenn die Kräfte auf den Hebel nicht recht-, sondern schiefwinklig wirken? Was habe ich euch über den physischen Hebel mitgetheilt? Nennet eine große Menge Erscheinungen und alltäglicher Verfahrungsarten, denen die Gesetze des Hebels zum Grunde liegen! Gebet ferner an, was ihr Alles über die Gleich- und die Schnellwage gehört habt! Beschreibet mit Hülfe zweckdienlicher Figuren die bewegliche und die unbewegliche Rolle! Wann verharrt jene, wann diese Rolle ruhig in ihrer Lage? Welche Dienste leisten sie uns? Was wißt ihr über solche Maschinen zu sagen, die aus 2 oder mehrern Rollen zusammengesetzt sind? Welches Werkzeug nennen wir ein Rad an der Welle? Wie unterscheidet sich der Haspel von der Erdwinde? Wo bringen wir bei diesen beiden Maschinen die Last und die Kraft an? In wiefern ist auch das Rad an der Welle einem ungleicharmigen Hebel vergleichbar? Was haben euch meine Versuche mit der Glasscheibe gelehrt, die ich stets mit einem Würfel beschwerte und allmälig aus der horizontalen Lage in die vertikale übergehen ließ? Welches Gesetz findet bei der schiefen Ebene seine Anwendung? Beweiset durch eine Zeichnung die Richtigkeit desselben! Theilet endlich mit, was ihr über den Keil und die Schraube Wichtiges zu sagen wißt! —

Dritter Abschnitt.

Die Bewegung und das Gleichgewicht tropfbarflüssiger Körper.

In wiefern verdient das Wasser den Namen tropfbarflüssiger Körper? Warum gehört es den leichtflüssigen Körpern an? Wie unterscheidet es sich von dem Weingeiste und allen ähnlichen tropfbaren Flüssigkeiten? Beantwortet nun vollständig die Frage: »was ist Wasser?«! Gebet an, was ich euch über reines und unreines Wasser mitgetheilt habe! Wie läßt sich solches Wasser, das in Fäulniß gerathen ist, wieder trinkbar machen? Was wißt ihr über das Quecksilber, den Weingeist, den Aether und die flüssigen Oele zu sagen? Welcher Allgemeinsatz über die Wärme findet auch bei dem Wasser seine Anwendung? Wie verhält es sich mit der Zusammendrückbarkeit des Wassers? Nennet Erscheinungen, welche für die Elasticität des Wassers sprechen! gebet andere an, welche augenscheinlich darthun, in welchem geringen Grade demselben die genannte Eigenschaft einwohnt! Was habe ich euch gelegentlich über das Eis mitgetheilt? Beschreibet noch ein Mal den Eispallast der Kaiserin Anna!

Wie geht es zu, daß das Eis einen größern Raum einnimmt, als das Wasser, aus dem es sich gebildet hat? Auf welchem Wege gelangtet ihr zu einer genauen Kenntniß über die Schwere des Wassers? Nennet Erscheinungen, die auf der Schwere des Wassers beruhen! In welcher Weise habe ich euch klar gemacht, daß Flüssigkeiten den Druck, der auf irgend einen Theil ihrer Oberfläche ausgeübt wird, nach allen Seiten hin gleichmäßig verbreiten? Worin liegt ferner die Ursache, daß sie stets eine wagerechte Oberfläche zu erhalten streben? Wie finden wir den Wasserdruck auf den Boden irgend eines Gefäßes? Was befremdete euch hierbei am meisten? Gebet an, auf welche Weise wir den Druck, den ein Punkt in der Wand eines mit Wasser angefüllten Gefäßes erleidet, kennen lernten! Was lehrten euch die Versuche, welche ich mit zweischenkligen Röhren, überhaupt mit Gefäßen, die mit einander verbunden sind, anstellte? Nennet Erscheinungrn, die nur als Wirkungen des Wasserdrukkes dastehen! Beschreibet die Einrichtung und den Gebrauch der Nivellir- oder Wasserwage, des anatomischen Hebers, des hydrostatischen Blasebalges und der hydraulischen Presse! Wie steht es mit der Anlegung hydrostatischer Springbrunnen? Wie zeigte ich euch zuerst, daß Körper, in irgend eine Flüssigkeit getaucht, von ihrer Schwere verlieren? Welchen genauern Beweis führte ich dann über den hierher gehörigen Allgemeinsatz? Gebet das schöne Experiment an, das uns die Richtigkeit dieses Satzes anschaulich kennen lehrte! Nennet die Bedingungen des Gleichgewichtes untergetauchter Körper! Was bedeutet der Ausdruck: stabiles Gleichgewicht? Gebet nun auch die Bedingungen des Gleichgewichtes schwimmender Körper an! Was theilte ich euch bei dieser Gelegenheit über die Fische und die fischartigen Säugethiere mit? Worüber haben uns die Versuche, welche ein gewisser Robertson in England mit 10 Menschen angestellt hat, Aufschluß gegeben? Beschreibet die Wasserprobe, und zeiget zugleich das Thörichte und Grausame des dabei stattgefundenen Gerichtes! Gebet noch eine Menge Erscheinungen an, die sich nur aus dem Archimedischen Prinzip erklären lassen! Was verstehen wir unter dem spezifischen, was ferner unter dem absoluten Gewichte der Körper? Welche Einrichtung hat die hydrostatische Wage Nicholson's? Wie finden wir mit Hülfe derselben das spezifische Gewicht fester und tropfbarer Körper? Löset noch ein Mal sämmtliche hierher gehörige Aufgaben! Welche Einrichtung haben die Skalen-Aräometer? Wie läßt sich vermittels derselben das spezifische Gewicht aller tropfbaren Flüssigkeiten bestimmen? Wovon hängt ihre Güte vorzugsweise ab? In wiefern lehren sie uns kennen, wie groß der Gehalt einer gemischten Flüssigkeit mit Rücksicht auf den einen ihrer Bestandtheile sei? Beschreibet die Einrichtung des Alkoholometers! Löset die Aufgaben: »1) das Volumen eines festen Körpers mittels Abwägung unter Wasser zu finden; und 2) auf dieselbe Weise zu bestimmen, wieviel irgend ein fester Körper von jeder der beiden bekannten Materien enthält, aus denen er mechanisch zusammengesetzt ist!« Was führte uns zu der ausdehnenden Kraft des Wassers mit Rücksicht auf gewisse andere Körper? Wie läßt sich diese Kraft ziemlich genau erforschen? Mit welchem Namen belegen wir solche Körper, welche einen Theil des Wassergases, das in der Luft enthalten ist, verdichten? Beschreibet das Haar-Hygrometer des Franzosen Saussure! ferner das de Luc'sche Fischbein-Hygrometer! An welchen Mängeln leiden beide Instrumente? Wo werden wir ganz zuverlässige Feuchtigkeitsmesser kennen

lernen? Welche Bewandtniß hat es mit den hierher gehörigen Wetterpropheten? Nennet endlich Erscheinungen, über die uns die ausdehnende Kraft des Wassers den vollkommensten Aufschluß ertheilt!

Vierter Abschnitt.

Die Bewegung und das Gleichgewicht elastischflüssiger Körper.

Für wasfür einen Körper habe ich die Luft erklärt? Wie überzeugten wir uns von ihrem Dasein? Nennet die wichtigsten Eigenschaften derselben! Gebet ferner an, welche Merkmale die reine Luft an sich trägt! Was ist es besonders, wodurch die Luft mit so vielen fremdartigen Stoffen angefüllt wird? Theilet mir das Geschichtliche über die Erfindung des Barometers mit! Welche Schwierigkeiten treten den Künstlern bei der Verfertigung desselben entgegen? Auf wasfür Barometer habe ich euch aufmerksam gemacht? Wie unterscheidet sich das Gefäß- von dem Heberbarometer? In wiefern belehrt uns das Barometer über die verschiedene Größe des Luftdrukkes, und zwar 1. zu verschiedenen Zeiten an einerlei Ort, und 2. an verschiedenen Oertern in derselben Zeit? Welche Berechnungen habe ich dabei mit Rücksicht auf den menschlichen Körper angestellt? Wie kommt es, daß wir die ungeheure Größe des Luftdrukkes wenig, ja gar nicht, fühlen? Auf welchen Regeln beruht hauptsächlich das Verfahren bei Höhenmessungen vermittels des Barometers? Nennet die nothwendigen Theile einer Luftpumpe! Gebet genau an, wie die Luft vermittels derselben verdünnt werden kann! Warum ist es nicht möglich, den Raum unter dem Recipienten vollkommen luftleer zu machen? Durch welches Mittel erfahren wir den Grad der erreichten Verdünnung? Zeichnet auf eure Schiefertafeln sowol eine Ventil-, als auch eine Hahn-Luftpumpe! Welche Versuche, mit Hülfe der Luftpumpe angestellt, haben euch den Druck, welche andern die Ausdehnsamkeit der Luft kennen gelehrt? Beschreibet ferner diejenigen Experimente, welche sich auf das Kochen des Wassers, den freien Fall der Körper u. s. w. beziehen! Welches ist wol der schönste Beweis für die Schwere der Luft? Wie verhält es sich mit der Einrichtung und den Experimenten einer Verdichtungspumpe? Erörtert den Versuch mit dem Stechheber! In welcher Beziehung schließt sich der Zaubertrichter an jenes Instrument eng an? Beschreibet den hierher gehörigen Versuch und erkläret ihn zugleich! Wie steht es mit der Beschaffenheit eines Saughebers? Setzet mir auseinander, auf welche Weise er ununterbrochen fortläuft! Welche wunderbare Erscheinung bietet uns der Zauber- oder Vexir-Becher dar? Zeiget, daß auch bei diesem Instrumente Alles natürlich zugeht! Entwerfet eine Zeichnung von dem Heronsbrunnen, beschreibet vollständig das hierher gehörige Experiment, und füget überall die nöthigen Erklärungen hinzu! Auf welche Naturerscheinungen habe ich euch bei dieser Gelegenheit hingewiesen? Beschreibet den Versuch mit dem Cartesianischen Taucherlein! Leget ferner durch Worte und anschauliche Bilder die Einrichtung einer

Windbüchse dar! Was habe ich euch über unsere gewöhnlichen Saugpumpen mitgetheilt? Erkläret diejenigen Versuche, welche so oft vermittels einer kleinen Hand-, oder einer großen Feuerspritze angestellt werden! Welche Experimente leiteten euch auf die Eigenschaften der Lebensluft? Wie entwikkelt die Natur diese wichtige Luftart immer aufs neue? Wie erhalten wir sie auf künstlichem Wege? Nennet Erscheinungen, die mit den Eigenschaften der Lebensluft innig zusammenhangen! Auf welche Weise verschaffen wir uns leicht eine Menge Stickluft? Wie steht es mit deren Eigenschaften? Welches wichtige Gesetz über die Gase- und Dämpfeverbreitung lerntet ihr beiläufig kennen? Beschreibet den zu ihm gehörigen Versuch! Nennet die Eigenschaften der brennbaren Luft! Wie können wir auch dieses Gas leicht entwikkeln? Was habe ich euch über das Kohlen-Wasserstoffgas mitgetheilt? Setzet mir die Wasserstoff-Zündmaschine aus einander! ferner die großen Apparate zur Gasbeleuchtung! Was leitete die Menschen auf die Erfindung der Luftbälle? Beschreibet so gut, wie möglich, eine der ersten Luftreisen! Wie läßt es sich durch Rechnung finden, welche Lasten ein Ballon von bestimmtem Umfange heben kann? Welche Mittel haben die neuern Luftfahrer in Händen, ihre Maschine willkürlich bald nach oben, bald nach unten steigen zu lassen? Gebet die Einrichtung und die Nützlichkeit des Fallschirmes an! Welche Experimente lehrten euch die Kohlensäure kennen? Fasset das Wichtigste auch über diese Luftart in kurze Worte zusammen! —

Fünfter Abschnitt.

Der Schall.

Nennet Erscheinungen, bei denen der Schall eine Wirkung der Schwingungen elastischer Körper ist! gebet andere an, bei denen er nur in einer Reihe von Erschütterungen besteht! Welche Versuche überzeugten euch, daß die Schwingungen eines Körpers, wann derselbe tönen soll, in einer gewissen Schnelle auf einander folgen müssen? In wiefern hängt der Schall auch von der Luft ab? Nennet die verschiedenen Namen des Schalles, und füget sogleich die nöthigen Erklärungen hinzu! Durch welche Mittel wird der Schall fortgepflanzt? Wie erfolgt die Leitung desselben: 1. in luftförmigen, 2. in festen und 3. in tropfbarflüssigen Körpern? Auf welche Versuche machte ich euch bei dieser Gelegenheit aufmerksam? Nennet Erscheinungen, die ein genügendes Zeugniß davon ablegen, daß der Schall stets, um von einem Orte zum andern zu gelangen, eine gewisse Zeit gebraucht! Gebet ferner an, auf welche Art die Geschwindigkeit des Schalles erforscht worden ist! Was hat Einfluß auf die Geschwindigkeit des Schalles, was nicht? Welche Experimente und Erscheinungen geben uns hierüber Gewißheit? Welche andern Erscheinungen führen uns zur Zurückwerfung des Schalles? Wie werden aller Wahrscheinlichkeit nach die meisten Echo gebildet? Wovon hängt größtentheils die Stärke und deutliche Wahrnehmung derselben ab? Nennet die ver-

schiedenen Arten der Echo und erkläret sie zugleich! Wer weiß einige recht merkwürdige Echo nicht nur anzugeben, sondern auch zu beschreiben? Wie verhält es sich mit dem Communications-Rohre? — Aus welcher Ursache wird der Ton auch vermittels des Sprachrohres so weit fortgetragen? Wie steht es mit dem Hörrohre, und wer erfand es? Welche Einrichtung haben die Sprachgewölbe? Nennet einige solche merkwürdige Räume! Durch was-für Bogenstriche erhalten wir die Queer- und die Längenschwingungen der Saiten? Wie können wir es bewirken, daß sich eine Saite in zwei, drei, vier und noch mehrere gleiche Theile theilt? Was hattet ihr an den Saiten zu betrachten, als ich meine Experimente mit dem Monochorde anstellte? Welche drei Gesetze ergaben sich uns dabei als vollkommen richtig? Setzet mir die harmonischen Töne auseinander! Was versteht ihr unter den Schwingungsknoten? Beschreibet die Aeols- und die Riesenharfe! Wie habe ich es anzustellen, um einen Ton zu erhalten, der den Grundton der Saite an Tiefe übertrifft? Was versteht ihr unter dem Temperiren der Töne? Wovon ist das Verstimmen der Saiten gewöhnlich eine Folge? Was habt ihr über die Schwingungen gespannter Häute gehört? Nennet die sechs Befestigungsarten gerader Stäbe! gebet ferner an, welche Instrumente den Schwingungen solcher Stäbe ihr Dasein verdanken! Wie sind die Experimente mit festen Flächen, und zwar sowol mit geraden, als auch mit gekrümmten, anzustellen? Welche Resultate lieferten sie? Beschreibet die Glasharmonika mit ihren lieblichen Tönen! Wie steht es mit den Schwingungen der Luft? Wie läßt es sich leicht nachweisen, daß die Luftsäule den Ton giebt, nicht also der feste Körper, von dem sie eingeschlossen wird? In wieviel Gruppen habe ich die Blaseinstrumente vertheilt? Wie bilden sich in ihnen die Töne, wenn sie keine Grifflöcher besitzen? wie ferner, wenn sie mit denselben versehen sind? Beschreibet eine Zungenpfeife unserer Orgeln! Welche Blaseinstrumente sind theils einer solchen Pfeife, theils einer Flöte vergleichbar? Nennet den Versuch, der euch mit dem Mitklingen der Körper auf eine recht überraschende Weise bekannt gemacht hat! Was führte ich euch bei dieser Gelegenheit über die Stimmgabel an? Wie lauten die beiden Gesetze, auf denen das Mitklingen der Körper fast gänzlich beruht? In welcher Art tragen die Resonanzböden so viel zur Stärke und Schönheit der Töne bei? Wie steht es mit der Kunst der Glaszerschreierei? Nennet die Umstände, von denen hauptsächlich die Stärke des Schalles abhängt! Was wißt ihr über die Grenze der Hörbarkeit nach Höhe und Tiefe zu sagen? Warum hält es so schwer, über die Erzeugung der menschlichen Töne Klarheit zu erhalten? Welchen Weg verfolgt die Luft von der Lunge bis zu der Mundhöhle hin? Beschreibet noch ein Mal die Luftröhre, hauptsächlich aber die Stimmritze mit deren beiden Häutchen! Nennet die vorzüglichsten Meinungen, welche die Gelehrten über die Stimm-Organe des Menschen aufgestellt haben! Gebet sämmtliche Gehör-Werkzeuge in der Ordnung an, in welcher sie aufeinander folgen! Welche der genannten Theile scheinen besonders wichtig zu sein? Was habe ich euch so beiläufig über die Bauchredner mitgetheilt? Nennet außergewöhnliche Wege, die der Schall bis zu dem Gehörnerven hin nehmen kann! —

Sechster Abschnitt.

Die Wärme.

Was habe ich euch über den Einfluß der Wärme auf die Natur, insbesondere auf den Menschen, mitgetheilt? Welches sind die vornehmsten Erregungsmittel der Wärme? Nennet Erscheinungen, die ihren Grund in einer plötzlichen Zusammenpressung der Körper haben! Wie können wir hierher gehörigen Unglücksfällen leicht vorbeugen? Wie lauten die drei Gesetze über die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen? Gebet die Experimente an, vermittels deren ich euch auf sie hingewiesen habe! Erkläret ferner die vornehmsten Erscheinungen, welche auf die Sonne, diese große Wärmequelle, Bezug nehmen! Was habe ich euch sonst noch über die Sonne Wichtiges mitgetheilt? Wie leitete ich euch auf das dritte Erregungsmittel der Wärme hin? Nennet eine Menge mechanischer Verbindungen, die sich leicht selbst entzünden! Welche Begebenheiten habe ich euch mit Rücksicht hierauf erzählt? Was wißt ihr über die ursprüngliche Wärme der Erde zu sagen? was ferner über die Entstehung der Erdbeben und der feuerspeienden Berge? Auf welche Weise machte ich euch mit einigen Erregungsmitteln der Kälte bekannt? Theilet die sechs wichtigen Punkte mit, welche sich auf diejenige chemische Verbindung beziehen, die wir mit dem Namen Verbrennungen bezeichnen! Wie lautet der Allgemeinsatz über die vornehmste Wirkung der Wärme? Welche Versuche haben euch diese Wirkung kennen gelehrt? Wer weiß solche Körper zu nennen, die hiervon eine scheinbare Ausnahme bilden? Beschreibet diejenigen Experimente, durch welche ihr über die Ausdehnung fester, tropfbar- und elastischflüssiger Körper noch eine genauere Kenntniß erhieltet! Was habe ich euch über die Ausdehnung im Allgemeinen mitgetheilt? Gebet solche Erscheinungen an, welche allein auf der Wirkung der Wärme beruhen, und erkläret sie zugleich! Nennet die Maßregeln, welche der Verfertiger eines Thermometers bei der Röhre desselben, dem Anblasen der Kugel, der Füllung mit Quecksilber, dem Zuschmelzen der Röhre und bei Anfertigung der Skala zu beobachten hat! Welches sind die gebräuchlichsten Thermometer? Wie steht es mit der Unveränderlichkeit des Frost- und des Siedepunktes? Welche wichtigen Anwendungen erleidet das Thermometer? Erzählet, was ihr über seine Erfindung gehört habt! Welchen Zweck haben die Pyrometer? Beschreibet das Pyrometer des Engländers Wedgewood? Wie erfährt man das Verhältniß, in welchem die Grade dieses Instrumentes zu den Graden irgend eines Thermometers stehen? Worin liegt vorzugsweise die Unvollkommenheit des Wedgewood'schen Feuermessers? Wie habe ich euch auf die Eintheilung der Körper in gute und schlechte Wärmeleiter geführt? Durch welches Experiment wurdet ihr mit der verschiedenen Leitung der Metalle bekannt? Was habt ihr weiter über die Leitung des Holzes gehört? Wie steht es mit der Leitungsfähigkeit der tropfbar- und der elastischflüssigen Körper? Nennet eine Menge solcher Erscheinungen, die sämmtlich auf der verschiedenen Leitung der Wärme beruhen. Wie unterscheidet sich die Leitung von der Wärmeverbreitung durch Ströme? Was habe ich euch über die Strahlung der Wärme

mitgetheilt? Welche Experimente lehrten euch die latente oder gebundene Wärme kennen? welche andere das Wiedererscheinen derselben? Wie lauten die hierbei aufgestellten Gesetze? Zu welchen auffallenden Erscheinungen bieten sie uns den Schlüssel dar? Was habt ihr bei dieser Gelegenheit über die Behandlung der Erfrornen gehört? Welche merkwürdigen Erscheinungen lerntet ihr nachträglich über das Sieden und Verdunsten kennen? Ueber welche zwei Punkte giebt uns der Papin'sche Topf genügenden Aufschluß? Beschreibet den August'schen Naßkältemesser! Welche Erscheinungen begreifen wir unter dem Namen Thau? Beschreibet das verschiedene Verhalten der Körper gegen die Thautropfen! Welche Vorstellung haben wir jetzt über deren allmäliges Hervortreten? In wiefern ist der Thau eine sehr nützliche, in der Haushaltung der Natur weise berechnete Erscheinung? Welche Bewandtniß hat es mit dem Honig- und dem Mehlthau? Nennet Erscheinungen, die mit dem Thau im innigsten Zusammenhange stehen, und füget sogleich die nöthigen Erklärungen hinzu! Wie bildet sich der Reif? Gebet die vornehmsten Unterschiede zwischen ihm und dem Schnee an! Woher kommt es, daß er gewöhnlich in größerer Menge, als der Thau, die Pflanzen und andere Körper belastet? Was wißt ihr über das Glatteis, das Beschlagen der Wände und das Gefrieren der Fenster zu sagen? Durch welche einfache Betrachtung am Feuerherde gelangen wir zu der Entstehung des Nebels? Welche Nebel verdanken ihr Dasein der Ursache, daß von irgend einem Orte Dämpfe in die Luft übergehen? Giebt es auch Nebel anderer Art, und wie entstehen diese? Sind die Nebel im Allgemeinen der Gesundheit schädlich, oder nicht? Was habe ich euch über den Höhenrauch mitgetheilt? Worin liegt der wichtigste, ja fast alleinige Unterschied zwischen Nebel und Wolken? Wie bilden sich höchst wahrscheinlich diejenigen Wolken, welche wir des Abends anfangs nur an den Spitzen, später aber auch an den untern Theilen eines Berges bemerken? Warum senden uns ferner die Wolken an und auf Bergen fast immer Regen zu? Worin hat wol der zuweilen plötzlich eintretende Wechsel zwischen dem heitern und dem bewölkten Himmel seinen Grund? Erkläret die Erscheinung der Schäfchenwolken! Wie hoch befinden sich die Wolken in der Luft? Wie ist es möglich, daß eine so dünne, ausdehnsame Flüssigkeit sämmtliche Dünste tragen kann? Auf welche Weise entsteht der Regen? Sprechet die einfache Erklärung über die Bildung fast aller Regen noch ein Mal aus! Worauf gründen sich im Allgemeinen die sogenannten Wunderregen? Beschreibet den Blut-, den Schwefel-, den Getreideregen u. s. w., und füget auch hier sogleich die nöthigen Erklärungen hinzu! Wie erfolgt sehr wahrscheinlich die Bildung des Schnee-es? Was bieten die Flokken desselben dem treuen Beobachter Merkwürdiges dar? Zeichnet einige ihrer Gestalten auf eure Schiefertafel! Welche Ursachen werden uns mit Rücksicht auf diese Formen wol nie ganz enthüllt werden? Welche Bewandtniß hat es mit dem rothen Schnee auf den Alpen und in den Polargegenden? Fasset die Nützlichkeit des Schnee-es in kurze Worte zusammen! Worin offenbart sich uns ein sehr wichtiger Unterschied zwischen Hagel und Schnee? Wie steht es mit unserer Kenntniß über die Bildung des Hagels? Welche Mittel hat man bisher gegen die zerstörenden Wirkungen dieser Naturbegebenheit angewandt? Auf welche Weise führte ich euch zu der spezifischen oder eigenthümlichen Wärme der Körper? Welcher Allgemeinsatz trat uns hierbei klar entgegen? Nennet

Körper, die viel, und wieder andere, welche wenig Wärme-Capacität besitzen! Welche Mittel stehen uns zu Gebote, die spezifische Wärme der Körper zu erfahren? Worüber hat uns Samuel Moreland in Kenntniß gesetzt? Beschreibet den Dampf-Apparat des Dionysius Papin! Auf welche einfache Weise machte ich euch die Wirksamkeit desselben klar? In wiefern ist selbst eine so einfache Vorrichtung zum Heben der Lasten geeignet? Wie war die Maschine des Engländers Newcomen eingerichtet? Gebet die Fehler an, welche Jacob Watt an ihr entdeckte, und saget mir auch dabei, wie er ihnen abgeholfen hat! In welcher Weise habe ich euch gezeigt, wie der abgesonderte Kondensator des großen Mannes wirkte? Wasfür Maschinen sind die sogenannten hochdrükkenden? Beschreibet einiger Maßen die Lokomotive, wie sie gewöhnlich auf Eisenbahnen gebraucht wird! Wie steht es mit der Einrichtung der Dampfschiffe und der Dampfkanonen? —

Siebenter Abschnitt.

Das Licht.

Gebet an, welche einfache Betrachtung euch zuerst mit dem Lichte bekannt gemacht hat! Woher kommt es, daß die Körper vermittels der Sonne, vieler Sterne u. s. w. erhellt werden? Was sind selbstleuchtende, was dunkle oder erleuchtete Körper? Wie steht es mit den sogenannten Lichtsaugern oder Lichtmagneten? Was habt ihr über das Verhältniß zwischen Licht und Wärme gehört? Nennet das wichtige, auf die Fortpflanzung des Lichtes sich beziehende Gesetz! Durch welche Versuche lerntet ihr es kennen? Beschreibet die Veränderungen, welche nicht selten das Licht auf seiner Bahn erleidet! Wie schnell ist das Licht? Vergleichet diese unfaßliche Geschwindigkeit mit der einer losgebrannten Kanonenkugel, des Schalles und der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne! Wie ist es möglich, vermittels der Verfinsterungen der Jupitersmonde die Geschwindigkeit des Lichtes zu berechnen? Wovon hängt die Stärke des Lichtes ab? Was habe ich euch über die Photometer oder Lichtmesser mitgetheilt? Wasfür Körper nennen wir Spiegel? Was sind natürliche und künstliche, was ebene und gekrümmte Spiegel? Gebet an, welche Bedeutung die Wörter: »Einfalls- und Zurückwerfungsstrahl, Einfallsloth, Einfalls- und Zurückwerfungswinkel« besitzen! Wie lautet der Allgemeinsatz über die Zurückwerfung des Lichtes? Beschreibet noch ein Mal, welche Bilder hinter einem ebenen Spiegel, der bald eine senkrechte, bald eine geneigte, bald eine wagerechte Lage hat, von irgend einem Gegenstande, der gleichfalls in verschiedenen Stellungen vorkommt, gesehen werden! Auf welche Weise gelangtet ihr zur Vervielfältigung der Bilder hinter ebenen Spiegeln? Wie ist das Kaleidoskop eingerichtet? Erzählet Alles, was ihr sonst über das ergötzliche, aber auch nützliche Instrument gehört habt! Welche Bewandtniß hat es mit den Zauber-Perspektiven? Entwerfet von den wichtigsten dieser Perspektive Zeichnungen, und füget die nöthigen Erklärungen hinzu! Theilet das Wesentlichste über die innere Beschaffen-

heit der Guck- oder Spiegelkasten mit! Gebet die Bedeutung folgender Namen an: »sphärische und parabolische Spiegel, Kegel- und Cylinder-Spiegel, Sammel- und Zerstreuungsspiegel, wirklicher und eingebildeter Brennpunkt!« Beschreibet die Erscheinungen der Sammelspiegel! Machet sie ferner an einer Zeichnung klar! Welche Erscheinungen ruft der Zerstreuungsspiegel hervor? In wiefern dient der Sammelspiegel: 1. als Leucht- und 2. als Brennspiegel? wie läßt er sich 3. zu Geistererscheinungen benutzen? Schildert dergleichen Erscheinungen! Welcher einfache Versuch lehrte euch die Brechung der Lichtstrahlen kennen? Wie lautet über sie der so wichtige Allgemeinsatz? Gebet an, wie es mit der Brechungsfähigkeit der verschiedenen durchsichtigen Körper steht! Nennet Erscheinungen, welche sich allein auf die Brechung des Lichtes gründen! Wie werden die geschliffenen Gläser gewöhnlich eingetheilt? Erzählet Alles, was ich euch über Gläser mit ebenen oder parallelen Oberflächen mitgetheilt habe! Welche Erklärungen werden über Gläser mit gekrümmten Oberflächen nothwendig? Wie finden wir den Brennpunkt eines Sammelglases? Welche Erscheinungen bietet dasselbe dar? Machet sie durch eine Zeichnung auf unserer Wandtafel deutlich! Welche Bilder von irgend einem Gegenstande giebt ein Zerstreuungsglas? Beschreibet das Prisma, zugleich aber auch die Versuche, zu denen es uns Gelegenheit verschafft hat! Welche Erklärungen habe ich euch über die farbigen Ränder der Fensterrahmen und anderer Körper gegeben? Woher kommt es, daß wir gewisse Gegenstände weiß, andere schwarz, noch andere roth, blau, gelb u. s. w. sehen? Wie verhält es sich mit den sogenannten Mittelfarben? Welche Bewandtniß hat es ferner mit den achromatischen Glaslinsen? Unter welchen Bedingungen ist es möglich, einen Regenbogen zu sehen? Wovon hängt die Größe desselben ab? Was habe ich euch über den Abstand des Regenbogens von seinem Mittelpunkte mitgetheilt? Was trägt Alles zur Entstehung dieser prachtvollen Naturbegebenheit bei? Wie verhält es sich mit den Zeichnungen, die euch zu ihrer Veranschaulichung dienen sollten? Beschreibet den Nebenregenbogen, und gebet an, wie er sich bildet! Welche Erscheinung nennen wir »Höfe um Sonne und Mond?« welche andere »Nebensonnen und Nebenmonde?« Wie steht es mit unserer Kenntniß über die Bildung dieser beiden Luftbegebenheiten? Was habe ich euch über die Tageshelle, die Bläue des Himmels, die Morgen- und die Abendröthe, die Morgen- und die Abenddämmerung und über das Zodiakal-Licht mitgetheilt? In wiefern ist das Gesicht ein so edler Theil unseres Leibes? Nennet die äußern und die innern Theile des Auges! füget hinzu, was ihr über sie Alles anzugeben wißt! Wie wirkt das so kunstvoll eingerichtete Organ im Einzelnen und im Allgemeinen? Woher kommt es, daß wir die Gegenstände aufrecht erblikken, da sie sich doch auf der Netzhaut verkehrt abbilden? Warum sehen wir sie ferner mit zwei Augen nur einfach? Wo liegt derjenige Punkt im Auge, welcher gar keine Empfindung des Sehens gewährt? Welche Bewandtniß hat es mit der Weite des deutlichen Sehens, ferner mit der Kurz- und der Fernsichtigkeit? Beschreibet die Thätigkeit der sogenannten Straff- und Schlaffmuskeln! Auf welche Weise schonen, auf welche andere verbessern wir unsere Augen? Was verstehen wir unter dem Sehwinkel oder dem sichtbaren Durchmesser eines Gegenstandes? Wovon hängt die Größe desselben ab? Gebet Erscheinungen an, die sich nur aus einer genügenden Kenntniß über den Sehwinkel erklären lassen! Nennet einige optische

Täuschungen, und füget über sie die wichtigsten Erörterungen hinzu! Zeiget, wie bei Anwendung der Brillen die Fehler der Kurz- und der Weitsichtigkeit weniger fühlbar werden! Welche Vorsicht haben wir bei der Auswahl der Brillen anzuwenden? Wie wirkt das Vergrößerungsglas? Was sind Loupen, was ferner einfache und zusammengesetzte Mikroskope? Was muß ein Solcher wissen, der die Vergrößerung der Gegenstände berechnen will? Was habe ich euch über das Sonnen-Mikroskop mitgetheilt? Beschreibet die magische Laterne! Zu welchen Ergötzlichkeiten bietet sie uns Gelegenheit dar? Erkläret alle hierher gehörige Erscheinungen! Beschreibet die dunkle Kammer! Wie zaubert sie die Bilder auf ihre matt geschliffene Glastafel? In wiefern ist sie ein nützliches Instrument? Bildet diejenige camera ab, welche vorzüglich zum Nachzeichnen kleiner Gegenstände geeignet ist! Welchen Zweck haben die Fernröhre? Wie theilen wir sie ein? Gebet an, welche Einrichtung das Galiläi'sche, das Kepler'sche, das Erd-Fernrohr und das Newton'sche Spiegel-Teleskop besitzen! Wie tief haben die Astronomen vermittels dieser Instrumente in den Weltenraum geblickt?

Achter Abschnitt.

Der Magnetismus.

Wie sieht ein natürlicher Magnet gewöhnlich aus? Welche merkwürdige Eigenschaft lerntet ihr an ihm zuerst kennen? Was habe ich euch über die verschiedene Größe der magnetischen Kraft mitgetheilt? Nennet und beschreibet diejenigen Metalle, welche außer jenem grauschwärzlichen Mineral an den magnetischen Eigenschaften Theil nehmen! Welche Versuche überzeugten euch, daß der Magnetismus auch durch andere Körper wirkt? Wie lautet das Gesetz über die anziehende Kraft eines Magnets in ungleichen Entfernungen? Nennet die zweite merkwürdige Eigenschaft desselben! Beschreibet ferner meine auf die Polarität sich beziehenden Experimente! Wie steht es mit dem Süd- und dem Nordpole, den Folgepunkten und der neutralen Mittellinie eines Magnets? Was habt ihr über den Schiffskompaß gehört? Gebet das Gesetz an, welches das Verhalten der Pole zweier Magnete, von denen der eine frei schwebt, zum Gegenstande hat! Nennet die dritte, die Anziehungskraft des Magnets betreffende Merkwürdigkeit! Welche Experimente belehrten euch über die Erregung des Magnetismus in Eisen und Stahl? Was that ich, um einen Streifen Stahl in einen Magnet zu verwandeln? In welcher Weise wird der Doppelstrich ausgeführt? Was habe ich euch über die Pole künstlich bereiteter Magnete mitgetheilt? was ferner über die beiden magnetischen Flüssigkeiten im Allgemeinen? Durch welche Mittel können wir die Kraft eines Magnets nicht nur erhalten, sondern auch noch bedeutend vergrößern? Wie bewaffnete ich: 1. meinen natürlichen Magnet und 2. einige künstliche Magnete in Hufeisenform? Welche Vorrichtung nennen wir ein magnetisches Magazin? Welche Hindernisse treten den Künstlern bei Aufstellung der Magnetnadeln entgegen? Wie läßt es sich

anschaulich zeigen, daß bei uns der magnetische Meridian mit der astronomischen Mittagslinie nicht zusammenfällt? Erzählet noch ein Mal, wie die Declination der Magnetnadel 1. dem Orte und 2. der Zeit nach verschieden ist! Auf welche Weise lernte man die Neigung der Magnetnadel kennen? Welcher Apparat eignet sich vielleicht noch am besten dazu, die Inclination der Magnetnadel darzustellen? Wie steht es mit dieser Eigenschaft in den verschiedenen Ländern der Erde? Was wißt ihr über denjenigen magnetischen Pol zu sagen, den i. J. 1831 James Roß entdeckt hat? was ferner über den andern, bis jetzt noch unbekannten? Welche Bewandtniß hat es mit dem magnetischen Aequator? Wozu nöthigen uns gleichsam die Erscheinungen beider Magnetnadeln? Was spricht sonst noch für den Magnetismus des Erdballes? Nennet zum Schluß noch einige hierher gehörige Erscheinungen!

Neunter Abschnitt.

Die Elektricität.

Welche wichtigen Erscheinungen boten euch gleich zu Anfange dieses Abschnittes eine Stange Siegellack und eine Glasröhre dar? Kommt die wunderbare Kraft, verschiedene Gegenstände anzuziehen und wieder abzustoßen, auch noch andern Körpern zu? Was habe ich euch hierüber Geschichtliches mitgetheilt? Welche Versuche belehrten euch über die Leiter und die Nichtleiter der Elektricität? Nennet alle Ursachen, durch welche das Leitungsvermögen der Körper bald erhöht, bald erniedrigt wird! Was heißt einen Körper isoliren? Beschreibet eine gewöhnliche Elektrisir-Maschine und deren Wirksamkeit! Wie kann man auf eine ziemlich wohlfeile Weise in den Besitz eines so schönen Instrumentes gelangen? Welche Einrichtung besitzt die sogenannte Hydro-Elektrisir-Maschine? Erzählet mir das Nothwendigste über die elektrische Spinne, das elektrische Flugrad, den elektrischen Puppentanz, das elektrische Cymbel- oder Glokkenspiel, das elektrische Pistol, die elektrische Kanone und über noch andere vermittels der Elektrisir-Maschine leicht anzustellende Versuche! Wozu dienen die Elektrometer oder Elektroskope? Beschreibet die Einrichtung des elektrischen Pendels, der elektrischen Nadel, des Henly'schen Quadrant-Elektrometers, des Bennet'schen Elektrometers und des Probescheibchens! Auf welche Weise führte ich euch in das Gebiet der entgegengesetzten Elektricitäten? Was habe ich euch Geschichtliches über dieselben mitgetheilt? Gebet sämmtliche Unterschiede zwischen der positiven und der negativen Elektricität an! Wie lautet das auf sie sich beziehende Gesetz? Wie verhält es sich mit der jedesmaligen Entwikkelung der positiven und der negativen Elektricität? Wie ist die Blitzröhre beschaffen? Was hat man zu thun, um irgend einen Namen im elektrischen Lichte strahlen zu sehen? Wie kann man das elektrische Licht in einem verdünnten Raume zeigen? Nennet die Versuche, welche euch auf die vertheilte und gebundene Elektricität geleitet haben! Beschreibet insbesondere die hierher gehörigen Apparate! Was versteht ihr unter dem elektrischen Wirkungskreise, was ferner unter

der elektrischen Schlagweite? Beschreibet, wie eine elektrische Verstärkungsflasche gewöhnlich beschaffen ist, geladen und wieder entladen wird! Welche Experimente habe ich gleich anfangs mit ihr angestellt? Was veranlaßte die Entdekkung der verstärkten Elektricität? Welche Bewandtniß hat es mit der Franklin'schen Tafel? Wie ist der Henly'sche Auslader beschaffen? Erkläret nun auch die Erscheinungen, welche durch die Verstärkungsflasche hervorgerufen werden! Was hat wol die Leute zur Erfindung der elektrischen Batterie geführt? Wie wird dieselbe aufgestellt, wie ladet und wie entladet man sie? Nennet die wichtigsten Vorsichts-Maßregeln, die bei der Ladung größerer Batterieen stets bobachtet werden müssen! Wie kann man vermittels einer Verstärkungsflasche einer Menge Menschen in demselben Augenblikke den elektrischen Schlag mittheilen? Beschreibet das schöne Experiment, welches ich mit meinem zierlichen Papphäuschen angestellt habe! Wie läßt sich ein solches Häuschen mit einer elektrischen Pistole verbinden? Welche andere Experimente habe ich sonst noch mit meiner kleinen Batterie gemacht? Gebet Beispiele von der außerordentlichen Stärke der Funken aus größern Batterieen an! Wer ist der Erfinder des Elektrophors? Wie bereitet man dieses eben so einfache, als nützliche Instrument? Welches sind die Haupttheile desselben? Was habt ihr euch besonders über den Dekkel oder die Oberlage zu merken? Beschreibet sämmtliche Versuche, die ich vermittels des Elektrophors angestellt habe! Gebet ferner an, wie sich die auch von euch angeschauten Erscheinungen leicht erklären lassen! Welches neue, die Mittheilung der Elektricität betreffende Gesetz hat uns der Elektrophor kennen gelehrt? Wie verhält es sich mit den sogenannten Lichtenberg'schen Figuren? Wozu dient der Kondensator? Wie sind seine wesentlichen Theile, nämlich die Basis oder die Unterlage und der Dekkel oder die Sammelplatte beschaffen? Auf welche Weise gebraucht man das feine Instrument? Von welchem Manne ist es erfunden, von welchem andern verbessert worden? Durch welche Versuche überzeugte sich Franklin von der Elektricität der Atmosphäre? Beschreibet die hierher gehörigen Experimente des Franzosen de Romas! Wie steht es mit der Sage vom Donnerkeile? wie ferner mit dem sogenannten kalten Schlage? Beschreibet die Einrichtung der Blitzableiter, und weiset auch sofort deren Nützlichkeit nach! Nennet Vorsichts-Maßregeln, die zur Zeit eines nahen Gewitters in der Stube, auf dem Felde, zu Fuße, zu Pferde u. s. w. wohl zu beachten sind! Woran machen sich die mit Elektricität gesättigten Wolken kennbar? Warum fährt der Blitz fast immer zickzackförmig durch die Luft? Was wißt ihr über den Donner zu sagen? Welche Bewandtniß hat es mit dem St. Elmusfeuer und dem Wetterleuchten? Schildert die Wasserhose, welche Forster zwischen den Inseln von Neu-Seeland zu beobachten Gelegenheit hatte! Welches sind unsere wichtigsten Erfahrungen über diese Naturerscheinung? Was wißt ihr über Landtromben und Sandwirbel zu sagen? Schildert das Nordlicht, welches am 27. August 1817 auf den shetländischen Inseln sichtbar war! Entwerfet ferner ein Bild von einer so prachtvollen Naturbegebenheit! Welche Vermuthungen haben wir über die Entstehung des Nordlichtes? Beschreibet den Versuch, welchen ich mit zwei Metallplatten machte, von denen jede mit einem isolirenden Handgriffe versehen war! Gebet eben so genau die Erscheinungen an, die sich zum Theil auf den Geschmack, zum Theil auf das Gefühl beziehen! Was wißt ihr über Gal-

vani's wichtige Entdekkung zu sagen? In wiefern hat sich mit Rücksicht auf die Kontakt-Elektricität auch Volta hoch berühmt gemacht? Wie verhält es sich mit den Erregern und den Leitern dieser Elektricität? Welche Ordnung und Sorgfalt haben wir bei dem Aufbau der Volta'schen Säule zu beobachten? Beschreibet die vermittels derselben angestellten Erschütterungsversuche! Was haben wir zu thun, um das Wasser kraft der Volta'schen Säule in seine Theile zu zersetzen? Wie finden wir, daß der Zinkpol positive, der Kupferpol negative Elektricität besitzt? Beschreibet die sogenannten Entzündungsversuche! Welche Erklärungen habe ich meinen Experimenten folgen lassen? Was wißt ihr über die Zersetzbarkeit der Oxyde, Alkalien, besonders aber der Salze zu sagen? Welche Uebelstände trägt die Volta'sche Säule an sich? Beschreibet Bunsen's constante Zink-Kohlen-Batterie! Welche Bewandtniß hat es mit den trokkenen Säulen? Wie ist Zamboni's trokkene Säule beschaffen? Gebet an, welche Einrichtung a) das elektrische Perpetuum mobile und b) Bohnenberger's Elektroskop besitzt! Theilet ferner mit, was ihr über die Galvanoplastik kennen gelernt habt! Worin sind der Magnetismus und die Elektricität einander ähnlich? Welche wichtige Entdeckung machte mit Rücksicht hierauf Professor Oersted i. J. 1820? Wessen bedürfen wir, um die Fundamental-Versuche über die Einwirkung eines elektrischen Stromes auf Magnete anzustellen? Setzet alle hierher gehörigen Experimente auseinander! Welche neue Kenntniß erlangtet ihr durch die Versuche mit den drei Glasröhren und dem Stück weiches Eisen in Hufeisenform? Wie steht es mit dem Elektro-Magnetismus als bewegende Kraft? Theilet Alles mit, was ihr über die elektrische Telegraphie gehört habt! Wie verhält es sich mit der Magneto-Elektricität? wie ferner mit den magneto-elektrischen Rotations-Maschinen? Was habe ich euch über die elektrischen Fische gesagt? Welchen Nutzen besitzt die Elektricität mit alleiniger Rücksicht auf den menschlichen Leib? —